

ПРИРОДА

10 09



В НОМЕРЕ:**3 Ефремов Ю.Н.**
Спиральные рукава туманности Андромеды

Структура спиральных рукавов соседней галактики — туманности Андромеды — резко различается в разных областях. В том отрезке рукава, где имеется регулярное магнитное поле, звездные комплексы расположены на одинаковых расстояниях, что говорит об их образовании под действием магнитогравитационной неустойчивости.

11 Куликов А.М., Марков А.В.
Иммунная система, стресс и видообразование — звенья одной цепи?

Получено экспериментальное подтверждение теории симпатрического видообразования, которая традиционно считается наиболее спорным объяснением появления новых видов на Земле. Оказалось, что этому причастны иммунная система и стресс.

18 Болдырев А.А.
Почему токсичен гомоцистеин?

Повышенное содержание гомоцистеина, одного из участников обмена серусодержащей аминокислоты метионина, приводит к риску сердечно-сосудистых заболеваний, инсультов, а также к осложнению беременности. Причиной тому — его влияние на глутаматную систему передачи информации в нервных и иммунных клетках.

24 Мартынова Д.М., Гордеева А.В.
Из света в тьму или наоборот?

Крошечные морские рачки ежедневно перемещаются вверх-вниз, преодолевая громадные, в сравнении с собственными размерами, расстояния. Причины для таких миграций много, а не только необходимость найти пропитание в безопасном месте.

31 Колокольцев В.Г., Кудаманов А.И., Скачек К.Г., Волкова И.Б.
Спираль в углях и битумах

В отложениях Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна встречаются высокоуглеродистые образования со специфическими структурными неоднородностями. Одни из них описаны как глазковые отдельности, а вот второй тип — правильные уплощенные спиральи, — по-видимому, до сих пор геологам был неизвестен.

39 Атабиева Ф.А., Газаев М.А., Жинжакова Л.З.**На водосборе реки Черек-Безенгийский****Вести из экспедиций****45 Наугольных С.В.**
Из полевого рюкзака (45)**Гуков А.Ю.****По следам Земли Санникова (51)****Резонанс****57 Кречмар А.В.****Еще раз о медведях и фотографах****64 Дмитриев И.С.****Упрямый Галилей**

Традиционные реконструкции истории «увещания Галилея» кардиналом Р.Беллармино и процесса 1633 г. представляют эти драматические эпизоды как события, разворачивавшиеся исключительно в пространстве конфронтации науки и религии. Возможно принципиально иное понимание характера богословской полемики по поводу гелиоцентрической теории, которую активно защищал Галилей.

80 Новости науки

Астрофизическая обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма» (81). Галактики формируются и сейчас? (81). Внеземная аминокислота найдена в кометной пыли (82). Фуллерены упрочняют сталь (82). «Колонный зал» для водорода (83). Белковый «червячный» клей для лечения переломов (83). Индивидуальные участки пресноводных черепах. Семенов Д.В. (84). Землетрясения и цунами на Курилах — оправдавшийся прогноз (85). Недостигающее звено между динозаврами и птицами? (85). Ногтевые отпечатки на керамике указывают пол гончара (86).

Рецензии**87 Белозеров О.П.****Одна из славных русских женщин**

(на кн.: Валькова О.А. Ольга Александровна Федченко. 1845—1921)

90 Новые книги**Встречи с забытым****91 Паклина Н.В., Орден К.ван****Открытие кианга**

CONTENTS:

- 3 Efremov Yu.N.**
Spiral Arms of Andromeda Nebula
The structure of spiral arms of a neighboring galaxy, Andromeda nebula, sharply differs in different regions. At the segment of an arm where regular wavy magnetic field is present, the star complexes are evenly spaced, which suggests their formation due to magneto-gravitational instability.

- 11 Kulikov A.M., Markov A.V.**
Immune System, Stress and Speciation – Links of the Same Chain?
An experimental proof of sympatric speciation theory is obtained. This theory traditionally considered as the most disputable explanation of emergence of new species on the Earth. It turns out that immune system and stress are involved in this process.

- 18 Boldyrev A.A.**
Why Homocysteine Is Toxic?
Increased levels of one of metabolites of sulfur-containing amino acid methionine leads to higher risks of cardiovascular diseases, strokes and also to complications of pregnancy. This is due to interference of this metabolite with glutamate system of information transfer in neuronal and immune cells.

- 24 Martynova D.M., Gordeeva A.V.**
From Light to Darkness or Vice Versa?
Tiny sea crawfishes everyday come up and down traveling great distances compared to their own sizes. There are many reasons for these migrations aside from necessity to find food in a safe location.

- 31 Kolokoltsev V.G., Kudamanov A.I., Skachek K.G., Volkova I.B.**
Spiral Structures in Coals and Bitumens
In sediments of Western Siberia oil and gas basin the high carbon containing formations are encountered that have some specific structural patterns. Some of them were described as ocellar singularities, but another type, regular flattened spirals, it seems, never before were known to geologists.

- 39 Atabieva F.A., Gzaev M.A., Zhinzhakova L.Z.**
At Drainage Area of Cherek-Bezengiysky River

News from Expeditions

- 45 Naugolnykh S.V.**
From Field Rucksack (45)
Gukov A.Yu.
Following in the Tracks of Sannikov Land (51)

Resonance

- 57 Krechmar A.V.**
Once Again about Bears and Photographers
64 Dmitriev I.S.
Stubborn Galileo
The traditional historical reconstructions of «admonition of Galileo» by cardinal R.Bellarmino and the trial of 1633 depict these dramatic episodes as events developed exclusively in context of confrontation of science and religion. But entirely different understanding of the type of theological polemics surrounding heliocentric theory, actively defended by Galileo, is possible.

- 80 Science News**
 Astrophysical Observatory «Spectrum–X-Ray–Gamma» (81). Galaxies Are Forming Now Too? (81). Extraterrestrial Amino Acid Found in Comet Dust (82). Fullerenes Strengthen Steel (82). «Column Hall» for Hydrogen (83). Protein Glue for Bone Fracture Treatment Suggested by Sea Worm (83). Individual Territories of Fresh-Water Turtles. **Semenov D.V.** (84). Earthquakes and Tsunamis at Kurile Islands: A Fulfilled Prognosis (85). «Missing Link» between Dinosaurs and Birds? (85). Fingernail Imprints Indicate Potter's Gender (86).

Book Reviews

- 87 Belozеров O.P.**
One of Glorious Russian Women
 (on a book: O.A.Valkova, Olga Alexandrovna Fedchenko. 1845–1921)

- 91 New Books**

Encounters with Forgotten

- 91 Paklina N.V., Orden K. Von**
Discovery of Kiang

Спиральные рукава туманности Андромеды

Ю.Н.Ефремов

Массивные дискообразные галактики, богатые газом, почти всегда имеют спиральную структуру: от их центров раскручиваются узкие спиральные рукава, обрисовываемые прежде всего молодыми звездами и облаками водорода. Они есть и у системы Млечного Пути — нашей Галактики, но о локализации, структуре и даже числе ее рукавов продолжают споры. Дело в том, что рукава лежат в плоскости диска галактик, и мы, живущие почти точно в плоскости Млечного Пути, наблюдаем рукава нашей Галактики так сказать в профиль, сбоку, непосредственно они нам не видны.

Спиральные рукава галактик — столь характерное образование, что понять причину их возникновения издавна казалось критически важным для проблемы структуры и эволюции галактик, а может быть, даже Вселенной в целом. Джемс Джинс, основоположник общепринятой ныне теории гравитационной конденсации звезд из газа, писал в 1929 г., что пока появление спиральных рукавов остается необъясненным, нельзя поверить в теории формирования галактик. И он даже предполагал, что в ядрах галактик в нашу Вселенную выбрасывается вещество из каких-то неведомых нам пространств — и затем вращение галактик закручивает эти выбросы в спиральные рукава.

© Ефремов Ю.Н., 2009



Юрий Николаевич Ефремов, профессор, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — переменные звезды, молодые звездные группировки, строение галактик, история астрономии.

Такого рода гипотезы выдвигались и позднее, но они не проходят. Рукава, как правило, исходят не из самого центра галактики, а движения газа или звезд вдоль рукавов, в том числе направленных из центра, не наблюдается. Впрочем, обсуждение общей проблемы природы спиральной структуры галактик увело бы нас далеко от темы статьи, и мы только отметим наличие трех больших классов спиральных рукавов, механизмы происхождения которых существенно отличаются.

Три типа спиралей

При изучении морфологии спиральной галактики прежде всего необходимо установить, к какому типу относятся ее рукава. Представители трех типов спиральной структуры показаны на рис.1. Первый из них, самый многочисленный, составляют имеющие клочковатый вид флоккулентные галактики (например, NGC 7793), рукава которых представляют собой короткие завитушки. Эти завитушки на самом деле — звездные комплексы (их определение дадим ниже), растянутые дифференциальным вращением галактик в короткие обрывки спиралей. (Такой характер вращения означает, что его угловая скорость возрастает к центрам галактик, из-за чего гравитационно-несвязанные большие звездные группировки и закручиваются в короткие дуги.)

Во второй класс входят именно те красивые спирали, которые знакомы каждому любителю астрономии. Непрерывные и симмет-



Рис.1. Представители спиральных галактик трех типов: NGC 7793, M 100, M 101.

ричные спиральные рукава прослеживаются в них иногда на несколько оборотов вокруг центра галактики, на десятки килопарсеков; чаще всего наличествуют два рукава. Этот так называемый Grand Design (GD), несомненно, создается механизмом, действующим во всем диске галактики. Наиболее популярная и выдерживающая, вообще говоря, наблюдательную проверку теория объясняет такие рукава как всегалактические волны плотности материи. Волны плотности являются откликом диска галактики на отклонение ее гравитационного потенциала от осесимметричного, причиной чего может быть близкий пролет соседней галактики или же некоторое искажение формы центральной, наиболее плотной, части галактики. Крайний случай подобного искажения — наличие у галактики перемычки (бара); характерно, что из концов бара всегда отходит пара спиральных рукавов.

Согласно теории рукавов как волн плотности, спиральная волна повышенного гравитационного потенциала вращается твердотельным образом (т.е. как единое целое) вокруг центра галактики, в волне накапливаются и звезды, и газ. Столкновение газовых облаков диска галактики (вращающихся со своими скоростями, которые зависят от расстояния до центра) с плотным газом в рукавах приводит к интенсивному звездообразованию, поэтому такие рукава заметны прежде всего по молодым горячим звездам и областям ионизированного ими водорода (выделяющимся красным цветом благодаря линии H_α — рис.1, M 100).

Иногда к типу GD относят и многорукавные галактики, имеющие длинные, часто коленчатые и несимметричные, рукава, возникновение которых теперь считается связанным с гравитационной неустойчивостью диска галактики (M 101 на рис.1). Такие рукава являются транзитными — они возникают, исчезают и появляются вновь. Содержащие их галактики, однако, лучше рассматривать как представителей третьего класса спиралей. В отличие от волновых рукавов, в которых

звездообразование обычно сосредоточено на внутренней стороне, где новый газ набегае на уже сконцентрировавшийся в рукаве, в галактиках типа M 101 звезды всех возрастов и газ концентрируются близ середины рукавов, в «ущельях» наибольшего гравитационного потенциала.

Отметим, что рукава каждого типа можно иногда встретить в одной и той же галактике, что и понятно — формирующие их механизмы не исключают друг друга. Так, ближе к центру M 101 рукава становятся более правильными и симметричными и, скорее всего, имеют волновую природу, о чем говорит и концентрация областей ионизованного водорода вдоль их внутренней стороны.

Звездные комплексы

Поскольку мы уже столкнулись с понятием «звездные комплексы», напомним, что это наибольшие (средний размер около 600 пк) группировки относительно молодых (возрастом примерно до 100 млн лет) звезд, связанных единством происхождения из сверхгигантских (с массой около 10 млн M_\odot) газовых облаков. Такие группировки были выделены автором этой статьи первоначально в нашей Галактике по данным о пульсирующих переменных звездах — цефеидах, возраст которых (30—100 млн лет) однозначно связан с периодом их пульсаций [1, 2].

Можно вспомнить, что автор долго размышлял над тем, какое название дать таким группировкам. Слово «комплекс» отражает и сложную структуру (наличие внутри комплекса и изолированных звезд, и скоплений, и ассоциаций, равно как и газовых облаков), и большие размеры, и большую дисперсию возрастов. Этот термин быстро вошел в употребление именно в том смысле, который я в него вкладывал, но используется и в других контекстах, почему в поисковых системах проследить историю вопроса невозможно. Слава открывателя «нового типа звездных группировок» так

и не пришла ко мне (хотя концепция звездных комплексов сразу же была признана специалистами), случай «звездных ассоциаций», принесший заслуженную славу В.А.Амбарцумяну, не повторился — но, как сказал поэт, «сочтемся славой, ведь мы свои же люди»... Шутка. Звездные ассоциации, группировки горячих звезд класса спектрального класса O, имеют меньший возраст и размеры и обычно находятся внутри комплексов.

Звездные комплексы часто встречаются внутри волновых рукавов и имеют в них более или менее круглую форму — а значит, в таких рукавах (но не во флоккулентных спиральных) они не поддаются растягиванию дифференциальным галактическим вращением, которое, согласно теории рукавов как волн плотности, в этих рукавах невелико. Случается, хотя и не часто (например, в M 100), что вдоль рукава вытягивается целая цепочка звезд. Как обнаружили Брюс и Дебра Эльмегрины [3], в таких цепочках комплексы иногда расположены через примерно одинаковые интервалы, обычно от 1 до 4 кпк. Подобная регулярность характерна для крупномасштабной магнитогравитационной неустойчивости, развивающейся вдоль волнового газового рукава и приводящей к стягиванию газа в сверхоблака атомарного водорода, в наиболее плотных частях которых (состоящих уже из молекулярного водорода) свершается звездообразование. Магнитное поле в рукавах ориентировано вдоль них и параллельно плоскости галактики; первоначально небольшое повышение плотности газа где-либо в рукаве ведет к изгибанию магнитных линий и стеканию вдоль них газа в образовавшиеся магнитные ямы, и эта магнитогравитационная неустойчивость ведет к формированию в рукаве изолированных больших газовых облаков, расположенных, согласно теории, через примерно одинаковые промежутки.

Звездные комплексы, находящиеся в рукавах, можно назвать реликтами (а точнее, продуктами эволюции) подобных сверхгигантских облаков; внутри последних, как косточки в сливе, обычно сидят более плотные гигантские молекулярные облака (состоящие в основном из молекулярного водорода), в которых звездообразование продолжается и в настоящее время.

Оставалось не вполне ясным, почему регулярность в распределении комплексов и сверхоблаков вдоль рукава наблюдается редко. Среди примерно 200 достаточно близких и удачно ориентированных спиральных галактик северного неба, спиральные рукава которых поддаются изучению на картах Паломарского атласа, Эльмегрины [3] обнаружили такую регулярность только в 22 случаях. Так или иначе, разнообразие как морфологии всей спиральной структуры в разных галактиках, так и изменений вида одного и того же рукава при удалении от центра галактики просто поразительно.

В галактике Андромеды

Изучая именно галактику Андромеды, Вальтер Бааде первым установил, что в рукавах концентрируются области ионизованного водорода HII (и, следовательно, возбуждающие их свечение молодые горячие звезды). Бааде говорил, что рукав ведет себя подобно хамелеону: в некоторых участках он наполнен звездами, в других обнаруживается лишь по присутствию пылевых облаков, поглощающих свет звезд. Мы попытаемся определить возможные причины этого непостоянства облика рукавов. Изучение структуры рукавов в галактике Андромеды, возможно, намечает путь к решению проблемы [4].

Галактика Андромеды (M 31) сослужила астрономии ту же службу, что Розеттский камень — египтологии. Изучение переменных звезд — цефеид, которые пульсируют с тем большим периодом, чем они ярче и моложе, — в туманности Андромеды позволило в 1925 г. определить расстояние до нее и доказать, что это не близкая газовая туманность Млечного Пути, а гигантская звездная система, сравнимая с нашей Галактикой. Человеку открылась Вселенная, заполненная не отдельными звездами, как считал Альберт Эйнштейн еще в 1916 г., а мириадами галактик. Система Млечного Пути оказалась не тождественной всей Вселенной, но лишь одной из бесчисленного множества звездных систем — галактик. (Заметим в скобках, что отсутствие у звезд высоких скоростей было главной причиной, по которой Эйнштейн ввел в свои уравнения лямбда-член, долженствующий стабилизировать Вселенную. Когда стало ясно, что Вселенная населена не отдельными звездами, а целыми галактиками и расширяется, он назвал это самой большой своей ошибкой. И снова оказался неправ! Космологическая постоянная Эйнштейна считается сейчас ответственной за ускоренное расширение Вселенной, обнаруженное на рубеже XX и XXI вв.)

Мы попытаемся понять, чем определяется разнообразие характеристик рукавов в одной и той же галактике и их изменение в одном и том же рукаве. Для этого нет более подходящего объекта, чем наша ближайшая соседка. К сожалению, она видна почти с ребра (наклон плоскости M 31 к лучу зрения составляет около 12°), и поэтому расшифровка чертежа ее спиральной структуры — трудная задача. На примере галактики Андромеды (тип GD) мы рассмотрим, как особенности звездообразования в рукаве связаны с его общей морфологией и с наличием или отсутствием в нем звездных комплексов.

Как уже говорилось, в спиральных рукавах концентрируются молодые горячие звезды, поэтому для нашей задачи особенно полезны изображения галактик в ультрафиолетовой области спектра, в которой такие звезды излучают максимум энергии. Полученные орбитальным телеско-

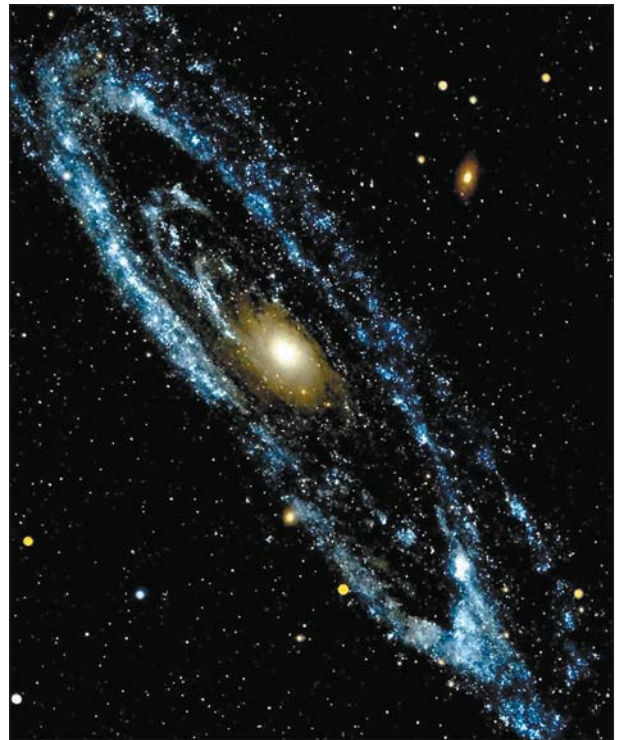
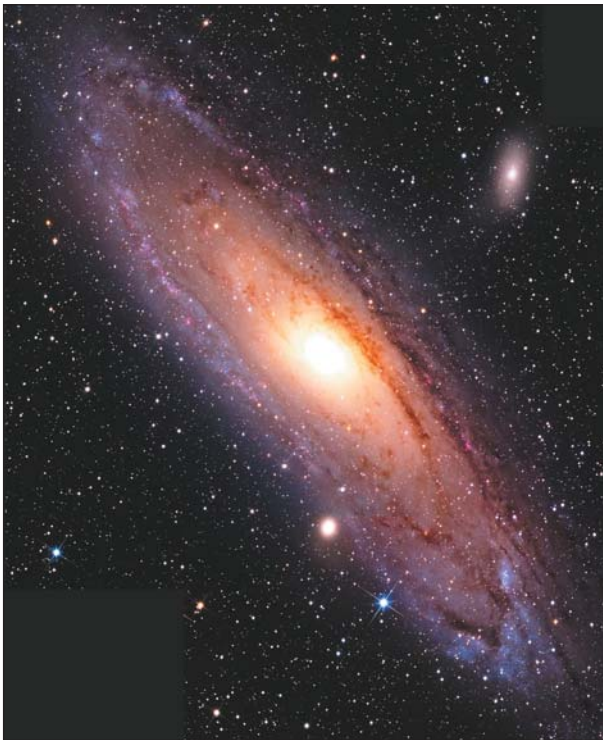


Рис.2. Изображение галактики Андромеды: в видимом диапазоне спектра (слева) и в далеком ультрафиолете (полученное на спутнике GALEX). Север вверху, запад справа.



пом GALEX изображения М 31 (рис.2—4) в УФ-диапазоне оптимальны для изучения звездных комплексов в спиральных рукавах. Звездные комплексы, выделенные нами [5] в М 31 по пластинкам 2-метрового телескопа (обсерватория Рожен, Болгария) почти 20 лет назад, теперь прекрасно видны на рис.3, а рис.4 показывает превосходное согласие их границ на рис.3 и интегральных очертаний отдельных комплексов на изображении, полученном телескопом GALEX. На этих рисунках в сегменте спирального рукава, находящемся на северо-западе от ядра галактики, выделяется цепочка комплексов, которые отстоят друг от друга практически на одинаковые расстояния. Нигде больше в М 31 столь же регулярной цепочки нет.

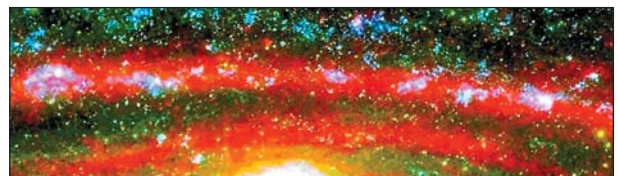


Рис.3. Композитное изображение галактики Андромеды, полученное на спутниках GALEX (голубое — горячие звезды) и Spitzer (красное — пыль): полное изображение (вверху) и деталь из верхней части этого рисунка — северо-западный рукав. Орбитальный телескоп Spitzer регистрирует излучение в далеком ИК-диапазоне спектра, в котором светится теплая пыль, неизменная составляющая облаков водорода. Большая ось галактики расположена горизонтально.

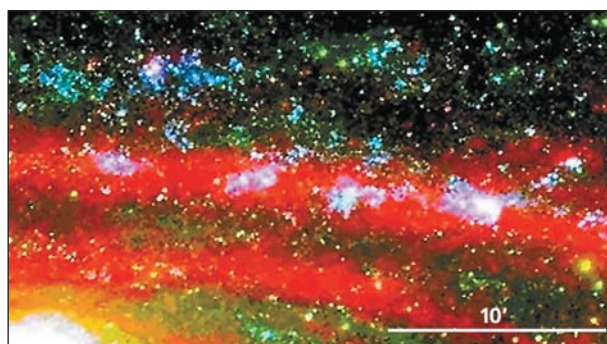
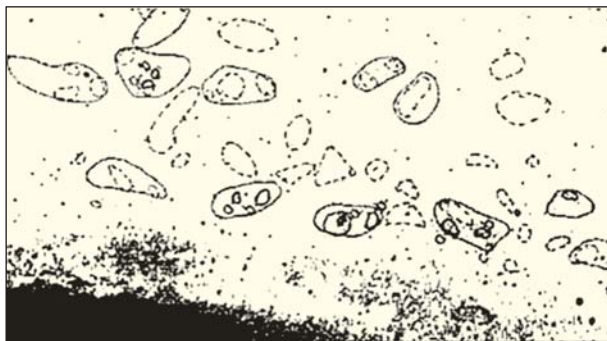


Рис.4. Участок северо-западного рукава галактики Андромеды: звездные комплексы, выделенные в работе [5] (вверху) и соответствующая деталь рис.3. Здесь добавлены области НИ, концентрирующиеся к комплексам, что придает им розоватый цвет. На расстоянии М 31 (около 700 кпк) $10' = 2$ кпк.

Северо-западный рукав М 31 обнаруживает еще одну особенность, которая, вполне вероятно, может часто встречаться в спиральных рукавах, но бросается в глаза только на композитных изображениях. В данном случае речь идет о комбинации снимков — полученных на спутнике GALEX (далекий ультрафиолет), которые показывают молодые звезды, и сделанным спутником Spitzer (далекая инфракрасная часть спектра), которые показывают распределение пыли, нагретой излучением звезд. Эта пыль соответствует областям повышенной плотности атомарного и молекулярного водорода нейтрального газа (наблюдаемого и в радиодиапазоне), но изображения, зарегистрированные с помощью телескопа Spitzer, имеют несравненно лучшее разрешение, чем построенные по радиоданным; они открывают огромные возможности для исследования структуры рукавов. Так вот, изучение этих изображений (рис.3 и 4) показывает: на всем протяжении северо-западного рукава звездные комплексы находятся *внутри* газовой-пылевой полосы [4]. Напомним, что обычно эта полоса видна с внутренней (ближней к центру галактики) стороны звездного спирального рукава, что имеет место и в юго-западном рукаве М 31.

Магнитное поле в спиральном рукаве

Итак, сегмент северо-западного рукава, показанный на рис.4, обнаруживает наибольшую регулярность в расположении комплексов, но он необычен и еще в одном отношении. Именно в нем Райнер Бек с коллегами еще в 1989 г. [6] обнаружили наибольшую степень поляризации синхротронного радиоизлучения (на волнах 20.1 и 6.3 см), которая указывает на наличие упорядоченного магнитного поля в межзвездной среде.

На основании данных о поляризации был сделан вывод, что поле здесь направлено (в среднем) вдоль рукава и имеет трехмерную волнообразную структуру (на рис.3 волны можно заметить и в оптическом диапазоне!). Мы измерили углы при центре М 31 между направлениями на комплексы северо-западного рукава (конечно, с учетом наклона плоскости М 31 к лучу зрения) и обнаружили, что расположение комплексов относительно экстремумов магнитного поля не случайно (рис.5). Расстояние между комплексами вдоль рукава составляет в среднем 1.2 кпк, а авторы [6] нашли, что степень поляризации изменяется вдоль этого сегмента рукава с периодом в 2.3 кпк — вдвое большим. Похоже, что сгущения газа, порождающие комплексы, возникают в этом рукаве близ каждого экстремума поля.

Регулярность цепочки комплексов именно в том сегменте рукава М 31, где наблюдается сильное и регулярное магнитное поле, объясняется, скорее всего, развитием в этом рукаве магнитогравитационной неустойчивости. При магнитном поле, регулярном вдоль рукава, газ «скользит» по волнообразным линиям поля и накапливается в «ямах», расположенных, согласно теории, на расстояниях порядка 1 кпк друг от друга (см. например, [7]).

Косвенные признаки того, что сгущения газа, порождающие комплексы, возникают вблизи экстремумов волнообразного вдоль рукава магнитного поля, имеются и для нашей Галактики. К сожалению, о характеристиках ее магнитного поля продолжают спорить, но регулярность расстояний между сверхоблаками HI давно уже была найдена автором для рукава Киля [8], а недавно — и для рукава Лебедя [4]. Вообще, данные о магнитном поле известны пока лишь для семи десятков галактик, и, кроме как для М 31 и М 33, они недостаточно детальны. Для изучения магнитного поля в газовой среде далеких галактик нужны наблюдения на больших радиотелескопах.

Вряд ли случайно то обстоятельство, что в галактике NGC 6946, отличающейся особенно активным звездообразованием (рис.6), регулярное магнитное поле наблюдается вне оптических рукавов, а последние почти невозможно поделить на звездные комплексы. По всей видимости, обилие горячих молодых звезд, ионизирующих межзвездный газ, приводит к запутыванию силовых линий магнитного поля в рукавах, и упорядоченное

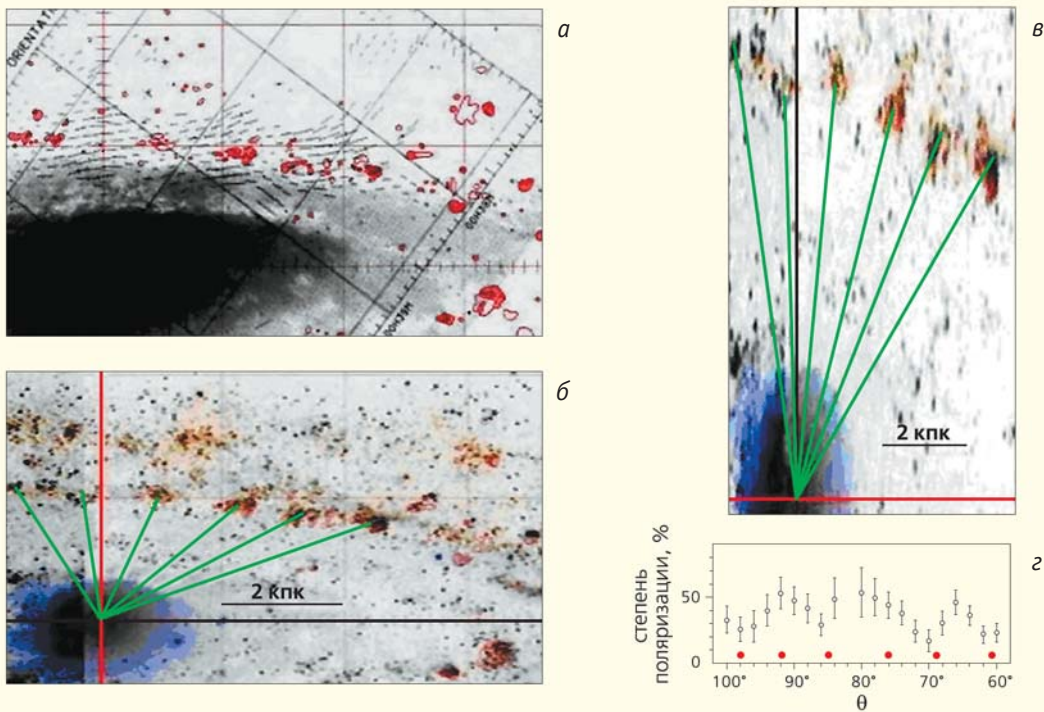


Рис.5. Звездные комплексы и магнитное поле в северо-западном рукаве галактики Андромеды. Положение областей НII (показаны красным) и векторы (известна только их ориентация, но не направление поля) магнитного поля [6] (а). Длина векторов пропорциональна степени поляризации излучения на волне 6.3 см. Изображение того же участка северо-западного рукава (б), включающего комплексы №64, 65, 66, 67/68 и 69 (см. рис.4). Видно, что области НII концентрируются внутри звездных комплексов. Показаны позиционные углы направлений на комплексы при центре М 31. Изображение той же области после учета наклона плоскости М 31 в 12° к лучу зрения (в). Сравнение позиционных углов звездных комплексов (показанных кружками) на рис.5,б и интенсивности (указанной в процентах) поляризации радиоизлучения на волне 6.3 см [6] (г). Рассматриваются расстояния 8—10 кпк от центра галактики, в пределах которых находятся и комплексы, и упорядоченное магнитное поле.



Рис.6. Галактика NGC 6946. Рукава изобилуют областями НII (светящимися ярко в красной линии H_{α}) и не делятся на комплексы. О высоком темпе звездообразования говорит также рекордное число сверхновых (девять), наблюдавшихся в этой галактике. Яркий звездный комплекс, содержащий сверхмассивное молодое скопление, виден как голубое пятно к юго-западу от ее центра.

поле в их пределах не наблюдается. Самый яркий комплекс этой галактики расположен вне спиральных рукавов.

Что определяет структуру рукавов?

Сравним теперь структуру северо-западного и юго-западного рукавов М 31. На рис.3 и 7 хорошо видно их резкое различие. В первом комплексе находятся внутри газово-пылевого рукава, во втором выделить комплексы вообще невозможно, а мощная газово-пылевая полоса лежит с внутренней стороны сплошного и яркого звездного рукава. Области НII (облака водорода, ионизированные самыми молодыми горячими звездами) в юго-западном рукаве находятся на границе полосы нейтрального газа и звезд, и наблюдается градиент возрастов звезд поперек рукава. Структура этого рукава соответствует ожиданиям теории спиральных рукавов как волн плотности.

На рис.7 видно, что яркий голубой участок юго-западного рукава имеет необычно большой

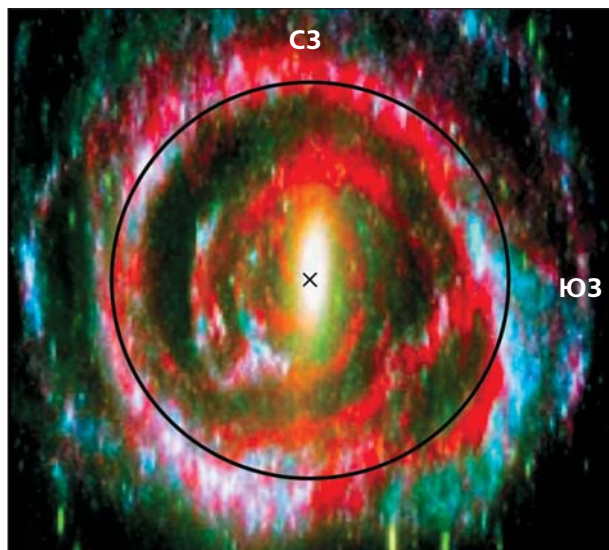


Рис.7. Изображение пылевых (показаны красным, телескоп Spitzer) и звездных (показаны голубым, телескоп GALEX) рукавов М 31, приведенное из рис.3 к виду в плоскости М 31. На большом протяжении — кроме юго-западного рукава — угол между рукавом и окружающей (угол закручивания) близок к нулю.

для М 31 угол закручивания i (угол между направляющей рукава и касательной к окружности) — около 25° . Видно также, что для северо-западного рукава и вообще почти всех других областей галактики этот угол близок к нулю — рукав идет по окружности.

Здесь пора вспомнить, что звездообразование идет тем более эффективно, чем выше плотность исходного газового облака. А газ можно «уплотнить» — например, сжать ударной волной. Согласно классической теории спиральных рукавов как волн плотности, которые вращаются, как твердое тело вокруг центра галактики (см., например, [9]), степень сжатия газа спиральной волной определяется не просто разностью скоростей вращения волны плотности (V_{dw}) и газа (V) галактики, но составляющей (W) этой разности, направленной перпендикулярно к фронту волны — т.е. к границе рукава:

$$W = (V - V_{dw})\sin i.$$

При значении W , превышающем «скорость звука», т.е. дисперсию скоростей газа в диске галактики (около 10 км/с), возникает ударная волна, которая приводит к резкому (в десятки раз) повышению плотности газа у внутреннего края спирального рукава.

Итак, большой угол закручивания данного отрезка рукава ведет к сильному сжатию газа — и обуславливает как высокий темп звездообразования, так и поперечный градиент возрастов. Более молодые звезды находятся ближе к месту сво-

его рождения в газовой-пылевой полосе и, обгоняя волну плотности, стареют, подходя к внешнему краю рукава. Этот участок галактики Андромеды до сих пор остается самым ярким примером существования такого градиента, который был обнаружен здесь много лет назад [10] (см. рис.8 и 9). Подчеркнем еще раз, что выделить в этом отрезке рукава отдельные звездные комплексы не удастся, огромные его сегменты сплошь заполнены молодыми звездами высокой светимости.

Появляются основания предположить, что регулярные цепочки звездно-газовых комплексов образуются именно в рукавах, вдоль которых не наблюдается расслоения в поперечном сечении на газовой-пылевую и звездную составляющую.

Комплексы, расположенные внутри газовой-пылевой рукава, известны и в других галактиках. Так, в NGC 2207 — галактике, гравитационно взаимодействующей с соседней, IC 2163 — наиболее длинная и регулярная цепочка комплексов составляет рукав, соединяющий эти две галактики, и комплексы в нем расположены внутри пылевой полосы, в точности как в северо-западном рукаве М 31. В красивой галактике М 74 морфология рукавов различается так же, как в М 31. Во внешнем, более длинном, рукаве находятся несколько примерно одинаково далеко отстоящих друг от друга комплексов, и именно между ними, а не по краю звездного рукава проходит пылевая полоса. Внешний рукав М 74 по своей структуре напоминает северо-западный рукав М 31, а внутренний — юго-западный рукав, в нем ближе к центру галак-

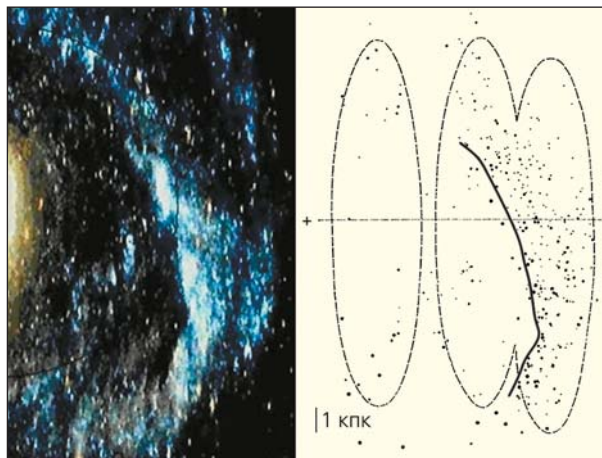


Рис.8. Участок галактики Андромеды, в котором В.Бааде еще в 1950-х годах изучал цефеиды. Изображение, полученное телескопом GALEX (слева), и карта распределения цефеид в плоскости М 31, построенная в свое время автором по данным, полученным Бааде с помощью 5-метрового телескопа в трех полях, границы которых показаны штриховой линией. Размеры обозначающих цефеиды кружков пропорциональны их периодам. Жирная линия — внутренняя граница юго-западного рукава.

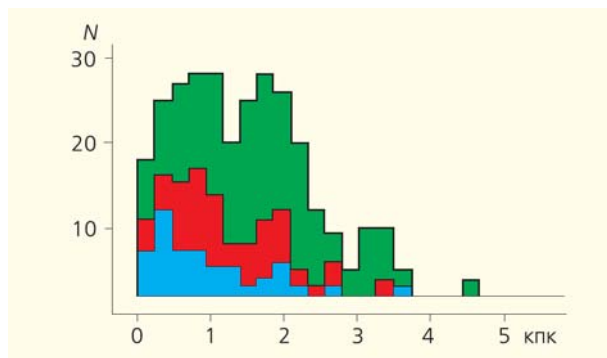


Рис.9. Распределение периодов цефеид по их расстоянию от внутреннего края рукава, построенное автором [10]. Голубым цветом выделены данные для периодов, превышающих 15 сут (самые молодые цефеиды), красным — для периодов, превышающих 10 сут. Верхняя огибающая распределения соответствует цефеидам всех периодов. Возрасты цефеид заключены в пределах 30—150 млн лет, возрасты 0-звезд, ионизирующих водород, — менее 10 млн лет.

тики идет пылевая полоса. К сожалению, данные о магнитном поле в М 74 отсутствуют.

Почему редко сбываются ожидания теории?

Итак, имеются превосходные теории, объясняющие структуру волновых спиральных рукавов. В одних случаях предсказывается градиент состава и возраста в поперечном сечении рукава (по направлению от оси последовательно располагаются нейтральный газ, 0-звезды и области НII, молодые звезды и затем все более пожилые). В других — цепочка звездных комплексов, расположенных вдоль рукава на примерно одинаковых расстояниях. Однако достоверный градиент возрастов звезд поперек рукава до сих пор установлен лишь для пятишести галактик (хотя расслоение по составу рукава встречается часто), а цепочки комплексов в рукавах — примерно для трех десятков. Очевидно, для возникновения эффектов, ожидаемых теорией,

нужны особо благоприятные условия. Мы видим оба упомянутых варианта в разных рукавах галактики Андромеды, и одно из объяснений данному факту состоит просто в том, что это ближайшая галактика, где их можно ожидать. Однако исследователи магнитных полей галактик (см., например, [11]) отмечают необычайную регулярность магнитного поля именно в рукавах М 31 (что, возможно, связано с относительно низким в ней темпом звездообразования), и в ней же мы имеем участок рукава, выделяющийся среди других резко увеличенным углом закручивания. Похоже, нам просто повезло с этой туманностью Андромеды...

Данные об этой галактике, обсуждаемые в [4] и в этой статье, позволяют предположить, что спиральная ударная волна может помешать фрагментации рукава на сверхоблака/звездные комплексы, если она сильна. Достаточно сильная волна быстро создаст высокую плотность газа повсюду в рукаве и в результате приводит к повсеместному звездообразованию, связанному и с появлением горячих звезд, ионизирующих газ, в котором запутывается магнитное поле. Напротив, при спокойно развивающейся вдоль газового рукава магнито-гравитационной нестабильности он делится на сверхоблака, и первоначально только внутри них рождаются звезды, целыми комплексами. Регулярное вдоль рукава магнитное поле обуславливает близость промежутков между комплексами, они рождаются близ экстремумов этого поля. Крупномасштабная магнито-гравитационная нестабильность в газовой среде приводит именно к образованию гигантских облаков, размеры (массы) которых должны быть распределены по нормальному закону. Поэтому примерно одинаковы и размеры результирующих звездных комплексов в их цепочках вдоль рукава, и расстояния между ними.

Теперь мы можем, кажется, объяснить хамелеоново непостоянство вида рукава, о котором говорил Бааде. Туманность Андромеды продолжает оказывать астрономии неопределимые услуги. С появлением новых наблюдательных данных о галактиках в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах нашу гипотезу, объясняющую различие морфологии рукавов в одной и той же галактике, можно будет обосновать более уверенно. ■

Литература

1. Ефремов Ю.Н. // Письма в «Астрон. журн.». 1979. Т.5. С.21—27.
2. Efremov Yu.N. // Astron. J. 1995. V.110. P.2757—2770.
3. Elmegreen B.G., Elmegreen D.M. // Mon. Not. RAS. 1983. V.203. P.31—45.
4. Ефремов Ю.Н. // Письма в «Астрон. журн.». 2009. Т.35. С.563—575.
5. Efremov Yu.N., Ivanov G.R., Nikolov N.S. // Astrophys. Space Sci. 1987. V.135. P.119—130.
6. Beck R., Loiseau N., Hummel E. et al. // Astron. Astrophys. 1989. V.222. P.58—68.
7. Mouschovias T.Ch., Kunz M.W., Christie D.A. // arXiv:0901.0914v1 [astro-ph]. 2009.
8. Efremov Yu.N. // Astron. Astrophys. Trans. 1998. V.15. P.3—17.
9. Roberts W.W., Roberts M.S., Shu F.H. // Astrophys. J. 1975. V.196. P.381—397.
10. Ефремов Ю.Н. // Письма в «Астрон. журн.». 1985. Т.11. С.169—177.
11. Berkhuijsen E.M., Beck R., Hoernes P. // Astron. Astrophys. 2003. V.398. P.937—948.

Иммунная система, стресс и видообразование — звенья одной цепи?

А.М.Куликов, А.В.Марков

Причины появления новых видов живых существ — ключевая проблема эволюционной биологии. Классические теории предлагают три вероятных механизма видообразования. Согласно филетической (от греч. *φύλον* — род, племя) теории эволюции, генофонд популяции меняется постепенно (без расхождения) под действием мутаций, естественного отбора и генетического дрейфа. Со временем накопившиеся изменения становятся достаточно большими, чтобы палеонтологи могли зафиксировать появление нового вида. Темпы филетической эволюции, по-видимому, могут быть весьма неравномерными. Именно на этой неравномерности делают акцент американские палеонтологи Н.Элдридж и С.Гулд, разработавшие теорию прерывистого равновесия.

Однако филетическая эволюция (хоть постепенная, хоть прерывистая) не объясняет, почему разнообразие жизни постоянно растет. Между тем это убедительно подтверждается данными палеонтологической летописи. Увеличение биологического разнообразия предусматривает расхождение видов (дивергенцию), которое теоретически может идти двумя путями — географическим, или аллопатрическим (от греч. *αλλοζ* — чужой и *πατρις* — родина), и эко-



Алексей Михайлович Куликов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики Института биологии развития РАН. Область научных интересов — теория эволюции, эволюционная и популяционная генетика, биоинформатика.



Александр Владимирович Марков, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории высших беспозвоночных Палеонтологического института РАН. Занимается изучением ранних этапов эволюции жизни на Земле. Активный популяризатор науки, в частности автор интернет-проекта «Проблемы эволюции»*, участник научно-популярных программ на радио «Свобода».

логическим, или симпатрическим (от греч. *συμ* — вместе и *πατρις*).

Аллопатрическое видообразование общепризнано и хорошо документировано. Ареал исходного вида разделяется на две части барьером — например, проливом или горным хребтом. В изолированных популяциях постепенно накапливаются генетические различия (случайные или неслучайные — в дан-

ном случае не так уж и важно), которые со временем становятся столь значительными, что делают невозможным скрещивание представителей двух разобщенных популяций, даже если разделявший их барьер исчезнет и они вновь встретятся.

В случае симпатрического видообразования (без физических барьеров) причиной рас-

хождения теоретически могут стать экологические преграды — виды начнут расходиться за счет приспособления к разным нишам в пределах общего ареала. Данный механизм видообразования традиционно считается гораздо более спорным. Большую роль в дискредитации гипотезы симпатрического видообразования сыграл выдающийся и чрезвычайно авторитетный эволюционист, один из классиков синтетической теории эволюции Э.Майр.

С одной стороны, для появления каждого из многих миллионов обитающих на планете видов вряд ли хватало бы физических барьеров (биосфера недостаточно разобщена для этого), поэтому симпатрическое видообразование должно существовать. С другой стороны, было непонятно, каким образом оно может происходить. Предположим, что некоторые особи в популяции стали чем-то немного отличаться от остальных. Если между ними нет физических барьеров, то любое отличие, казалось бы, должно очень быстро «размыться» в результате скрещиваний с неизменившимися сородичами, раствориться в общем геномном потоке. Полезное отличие станет общим достоянием, вредное — исчезнет. В любом случае вид никогда не разделится на два, если у вышеупомянутых «немного отличающихся» особей не возникнет эндогамия, т. е. предпочтение себе подобных в качестве брачных партнеров.

Поскольку возможные механизмы появления такой эндогамии были совершенно неясны, то и вся идея симпатрического видообразования выглядела сомнительной. Нужны были факты. Необходимо было найти виды, симпатрическое происхождение которых было бы строго доказуемо. А это оказалось не так-то просто. Было описано множество случаев вероятного симпатрического видообразования (например, у озерных рыб), но какая-то доля сомнения всегда оставалась. Лишь в последние годы

наконец получены неопровержимые свидетельства реальности этого явления. Например, доказано, что таким образом произошел вид рыб *Amphilophus zalius*, отделившийся от широко распространенного вида *A. citrinellus* в небольшом озере Апойо в Никарагуа [1], а также пальмы на островке Лорд-Хау, расположенном в 580 км от восточного побережья Австралии [2]. Тем не менее механизмы формирования эндогамии и репродуктивной изоляции при симпатрическом видообразовании оставались во многом неясными. В 2006 г. мы предложили гипотезу, дополняющую классические дарвиновские схемы [3]. Мы предположили, что в формировании репродуктивной изоляции может участвовать иммунная или иные системы распознавания «своего» и «чужого» на химическом уровне. Эти системы, по-видимому, играют важную роль в подборе полового партнера, наиболее подходящего по биохимическим и генетическим характеристикам.

Иммунологическое тестирование брачных партнеров

Репродуктивная изоляция во многих случаях, вероятно, начинается с изменения брачных предпочтений. Однако эти изменения непременно должны быть «согласованы» между партнерами. Очевидно, что если стиль ухаживания самца стал иным, то должны соответствующим образом смениться и вкусы самки; если в результате мутации изменился феромон — должен адекватно измениться и воспринимающий его рецептор. Мало того, эти сложные комплексные преобразования должны быть согласованы еще и с экологическими адаптациями, с которых все, собственно, и начинается.

В результате многочисленных опытов по «искусственному видообразованию» у насекомых выяснилось, что эндогамия (т. е.,

напомним, способность избирательно скрещиваться только с себе подобными) может возникать очень быстро (всего за десяток поколений) в ходе интенсивного отбора в стрессовых, малопригодных для жизни условиях. В одном из таких опытов к не свойственной им пище приучили плодовых мушек (дрозофил): одних кормили мальтозой, а других — крахмалом. Когда несчастные мухи после периода сверхвысокой смертности кое-как приспособились (за 10–15 поколений) к этой неудобоваримой для них пище, экспериментаторы провели опыты по избирательности скрещиваний. Оказалось, что «мальтозные» мухи предпочитали скрещиваться с «мальтозными», пусть даже из другой пробирки, а «крахмальные» — с «крахмальными» [4]. Как такое произошло, как мухи узнавали товарищей по несчастью, или товарищей по новому биохимическому типу? С точки зрения классических моделей на этот вопрос ответить довольно трудно. А не задействованы ли в распознавании себе подобных компоненты иммунной системы или их аналоги? Иммунная система имеет давнюю историю: древнейшие молекулярные системы различения «своих» и «чужих» есть у всех живых существ, включая растения, беспозвоночных животных, одноклеточных эукариот и даже бактерий. Однако примерно в том виде, в каком мы ее знаем у человека, она появилась у рыб.

У позвоночных животных на ранних стадиях индивидуального развития формируется уникальный биохимический «автопортрет» — персональный набор белков так называемого главного комплекса гистосовместимости (ГКГ) и связанных с ним коротких пептидов (обрезков разнообразных белков организма). Этот набор все клетки организма выставляют на своей поверхности для сканирования клетками иммунной системы, как бы говоря им: «вот это — наше, запомните, а все остальное — чу-

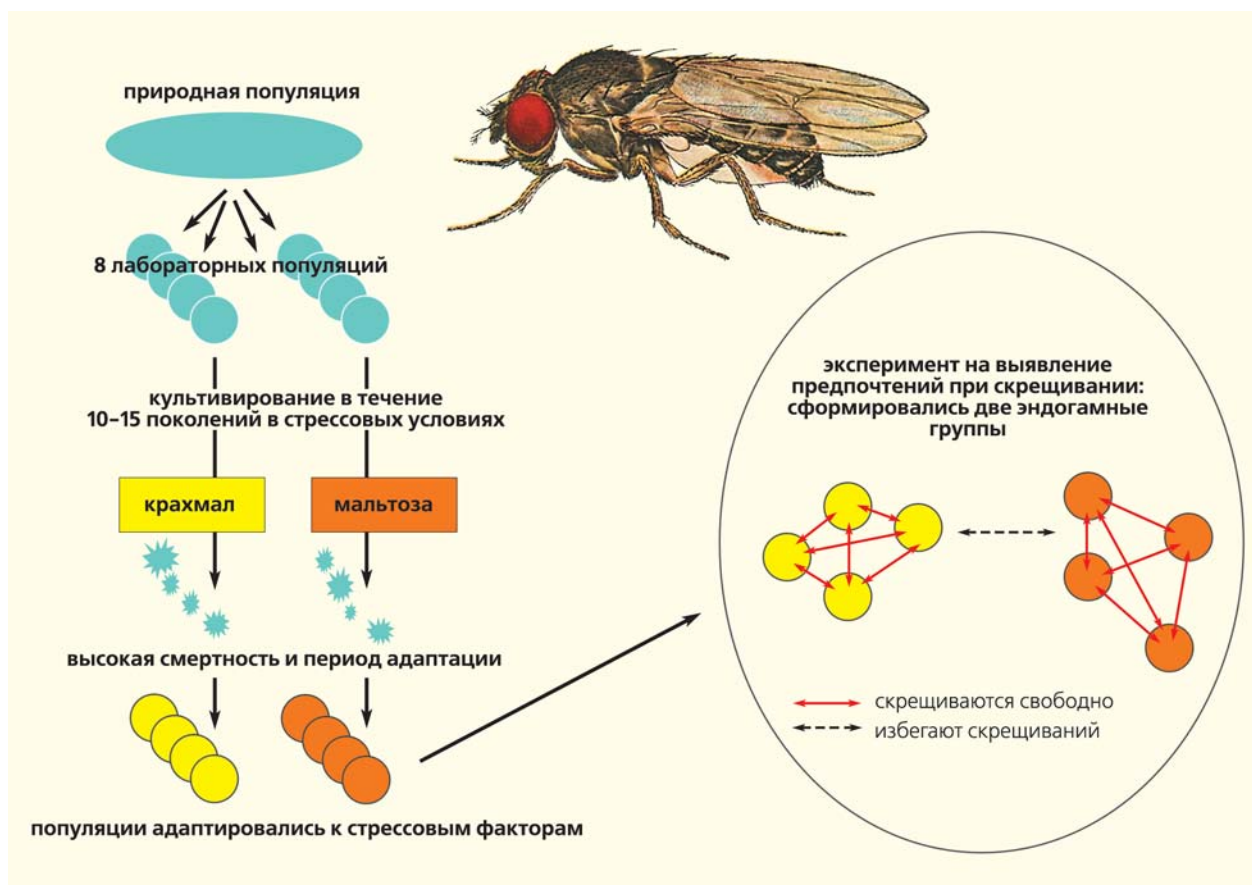


Схема эксперимента Д.Додда на плодовых мушках *Drosophila pseudoobscura* — любимом объекте генетиков американской школы [4]. В США основателем эволюционной генетики по праву считается Ф.Г.Добжанский — ученик и соратник ведущих российских генетиков Н.К.Кольцова, С.С.Четверикова, Ю.А.Филипченко. Популярность среди генетиков *D.pseudoobscura* приобрела после серии ярких работ Добжанского, который впервые всесторонне проанализировал признаки гибридной стерильности и нежизнеспособности и доказал их генетическую природу. Почти за 30 лет до опыта Додда отечественный энтомолог Г.Х.Шапошников получил в экспериментах на тлях сходные результаты: будучи воспитанными на новых растениях, тли после периода адаптации и высокой смертности теряли способность скрещиваться с первоначальной линией, не прошедшей отбора.

жое». И лимфоциты запоминают. Если в организм попадет чужеродный белок, его фрагменты тоже будут присоединены к белкам ГКГ и выставлены на поверхность клеток, что сразу заметят лимфоциты. ГКГ нужен не только для борьбы с инфекциями, но и для поддержания целостности организма, предотвращения несанкционированных изменений собственных клеток (например, в норме лимфоциты воспринимают раковые клетки тоже как чужаков). Но и это, по-видимому, еще не все: похоже, компоненты иммунной системы участвуют и в не менее важном деле — подборе полового партнера

на основе степени генетической близости.

У наземных позвоночных ГКГ связан со специальным органом полового обоняния, который расположен в основании носовой перегородки. Недавно установлено, что в этом, так называемом вомероназальном органе есть специальные рецепторы, реагирующие на пептиды ГКГ. Именно эти пептиды, по-видимому, составляют уникальный «персональный запах», по которому млекопитающие получают исчерпывающую информацию о своих сородичах, включая степень их родства (генетической близости). Неслу-

чайно у многих животных брачное ухаживание начинается с обнюхивания друг друга.

У людей обонятельная идентификация сородичей происходит на бессознательном уровне, потому что нервы от вомероназального органа идут не в кору больших полушарий, а прямо в гипоталамус, регулирующий эмоции и гормональный фон. Недавно выяснилось, что вомероназальные рецепторы действуют в комплексе со специальными белками ГКГ. Таким образом оказалось, что ключевые компоненты иммунной системы (белки и пептиды ГКГ) принимают непосредственное участие

и в формировании «персонального запаха», и в его восприятии.

В 2005 г. было экспериментально доказано, что пептиды ГКГ, выделяемые самцами рыбы колюшки трехиглой (*Gasterosteus aculeatus*), непосредственно влияют на выбор самками брачных партнеров [5]. Кстати, колюшки весьма склонны к симпатрическому видообразованию. В озерах часто формируются пары дискретных, сильно различающихся, морфотипов, между которыми существует значительная репродуктивная изоляция. Кроме того, происхождение морфотипов, собранных с обширной территории ареала, соответствует филогении «звезды» — потомки расходятся от предкового вида одновременно.

Самки колюшек предпочитают брать в «мужья» не слишком близких, но и не чрезмерно дальних родственников, и это, по-видимому, общее правило. Самки многих животных пытаются выбрать самых крупных, сильных и здоровых самцов, но этого мало. Самец может быть очень силен и крепок здоровьем, но если он приходится самке близким родственником, спаривание с ним может привести к рождению слабого потомства. Обычно скрещивание и с очень далекой родней (например, с особями другого вида или подвида) тоже невыгодно. Дело в том, что гибридное потомство получает случайную смесь из двух наборов генов, которые в каждом случае были хорошо «подогнаны» друг к другу отбором; у гибридов же эти полезные комбинации генов смешиваются и разрушаются. Согласно теории «оптимального аутбридинга» [6] животные (как и все прочие существа, размножающиеся половым путем) должны предпочитать партнеров с промежуточной степенью генетического родства: не слишком близких, но и не слишком дальних родственников.

Мы предположили, что при формировании брачной пары животные тестируют потенци-

альных партнеров на степень генетической близости при помощи систем различения «своих» и «чужих», включая иммунную. Некое оптимальное число «чужеродных» антигенов, содержащихся в персональном запахе партнера, повышает его привлекательность; слишком малое или слишком большое их число — вызывает противоположный эффект. Такой механизм способен обеспечить быстрое и, главное, совершенно автоматическое зарождение репродуктивной изоляции между группировками, подвергшимися разнонаправленному отбору (что и наблюдалось в вышеописанных экспериментах). Такой отбор может автоматически сдвинуть неизменившихся представителей предковой популяции (или группы, изменившиеся в другом направлении) за пределы «иммунологического оптимума» генетической близости.

Выбор брачного партнера — чрезвычайно ответственное дело, от которого напрямую зависит жизнеспособность потомства, а значит, и судьба генов родителя, в том числе и тех генов, которые определяют брачное поведение. Поэтому механизмы выбора партнера постоянно находятся под пристальным «вниманием» естественного отбора: гены тех особей, которые делают удачный выбор, распространяются в популяции, а гены тех, кто выбирает неудачно, постепенно исчезают из нее — даже если эти особи во всех прочих отношениях отлично приспособлены к среде обитания. Иммунная система идеально приспособлена для оценки генетической совместности партнера. А иначе как самке выбрать среди толпы претендентов оптимального по степени родства — не слишком близкого, но и не слишком дальнего родственника?

Иммунологическое тестирование при выборе брачных партнеров оптимизирует затраты по поиску себе подобных, и никакой «панмиксии» (абсолютно равновероятного скре-

щивания всех со всеми) в природе не существует, хотя именно на этом допущении основано большинство моделей микроэволюции и популяционной генетики. Именно поэтому скорость обособления из целой популяции какой-то ее части с тем или иным набором генетических отличий может быть чрезвычайно высока. Видообразование по симпатрическому типу в природе должно быть существенно более распространенным явлением, чем предполагали ранее, просто в каждом конкретном случае очень трудно доказать, что в прошлом два данных вида никогда не были пространственно разобщены.

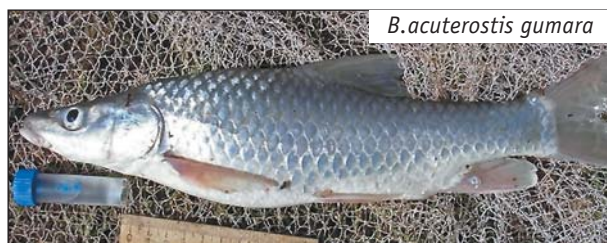
Напротив, в тех случаях, когда строго подтверждено формирование группы обособленных морфотипов в пределах единого ареала обитания, бывает трудно определить их таксономический статус. Именно такая проблема возникла при исследовании разнообразия гексаплоидных барбусов (рыб семейства карповых) в оз.Тана, расположенном на Абиссинском нагорье в Эфиопии. Разные исследователи выделяют от 6 до 15 и более морфотипов барбусов, и до сих пор ведутся споры об их видовом статусе. Они происходят от широко распространенного вида *Barbus intermedius* и занимают все доступные экологические ниши, специализируясь на разной пищевой базе, — среди них есть рыбоядные хищники, планктонофаги и бентософаги, фитофаги и детритофаги. Существенно различаются и их морфологические признаки: форма тела и плавников, размер и окраска чешуи, положение челюстей. Тем не менее у некоторых морфотипов выявлен непрерывный ряд изменчивости, перекрывающийся с соседними морфотипами, найдены общие нерестовые скопления, а также отмечена хорошая выживаемость гибридного потомства, полученного с помощью искусственного оплодотворения [7]. Из этого следует, что репродуктивные барьеры



Barbus intermedius



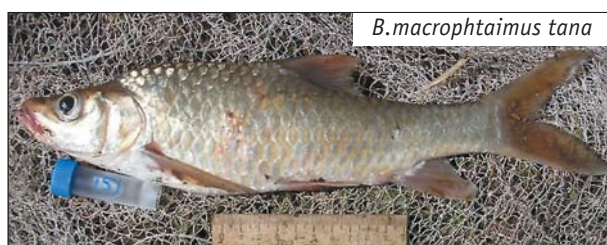
B. platydorsus



B. acuterostis gumara



B. gorgorensis



B. macroptaimus tana



B. megastoma



B. nedgia



B. truttiformis

Барбусы озера Тана. Фото предоставлены Совместной российско-эфиопской биологической экспедицией.

еще не успели полностью сформироваться, что, впрочем, достаточно широко распространено у многих видов рыб.

«Разношерстность» популяции, которая поддерживается из поколения в поколение, свидетельствует о значительной изолированности по крайней мере некоторых морфотипов данного комплекса. Наши эксперименты с подрастающей молодью нескольких из них показали, что молодые рыбы могут четко ориентироваться по запаху, различая «своих» и «чужих» и меняя в зависимости от этого свое поведение. Помещенные в ламинарные потоки воды, направленные из аквариумов со «своим» или «чужим» морфотипом, рыбы

выбирали «свой» запах. Хотя эти поведенческие реакции относятся, скорее, к контактному («заразному») поведению, они свидетельствуют, что способность к распознаванию «своего» морфотипа (а возможно, группы предпочтительных морфотипов) может служить основной причиной «отказа» барбусов оз.Тана от свободного скрещивания (панмиксии) и формирования изолированных популяций морфотипов (или «молодых» видов). К тому же предварительный масс-спектрометрический анализ фракции коротких олигопептидов, выделенных из поверхностной слизи барбусов и соответствующих пептидным лигандам ГКГ, показал принципиальное различие

сравниваемых морфотипов, что позволяет предположить — в данном случае иммунологическое тестирование играет существенную роль в формировании поведенческих реакций.

Итак, для симпатрического видообразования необходимы разнообразие условий среды и организация оперативного реагирования при выборе себе подобных. Вспомним факт, хорошо известный палеонтологам: чаще всего виды образуются в каком-то одном месте, в центре разнообразия, целыми букетами, а не последовательными цепочками или точечно в разных местах. Эти наблюдения все чаще подтверждаются данными по молекулярной систематике,

когда филогенетические реконструкции эволюционных связей между видами принимают форму «звезды», как в случае с уже упомянутой рыбой колюшкой.

Ну а генетическую подоплеку иммунной избирательности и последующей изоляции еще предстоит узнать. В организации иммунной системы, особенно у беспозвоночных, пока еще слишком много неизвестного. Кстати, не следует думать, что предполагаемый механизм «иммунологического» тестирования партнеров может работать только у животных. Растения тоже выбирают себе партнеров на основе степени их родства: известны такие явления, как выбор пыльцы и «самонесовместимость» (слишком близкородственные пыльцевые зерна отвергаются). И без иммунологии здесь тоже не обошлось: в элиминации неподходящей пыльцы участвуют ферменты РНКазы, изначальная функция которых — иммунологическая. Они защищают растение от инфекций, а для этого нужно уметь отличать «чужое» от «своего». Впрочем, что здесь изначально, а что вторично — это еще вопрос.

Влияние стресса на брачные предпочтения

Прежде чем двигаться дальше, подведем промежуточные итоги. Предложенная нами гипотеза основана на том простом соображении, что для предполагаемого иммунологического тестирования брачного партнера многим организмам было бы очень удобно использовать уже имеющееся у них мощное средство различения «своего» и «чужого» на биохимическом уровне — иммунную систему. Степень родства партнера можно определять, например, по силе иммунологической реакции на его запах: чем она сильнее, тем ниже вероятная степень родства. Можно использовать и отдельные компоненты иммунной системы (например, белки-ре-

цепторы из надсемейства иммуноглобулинов) — сами по себе или в комплексе с обонятельными рецепторами (как мы уже знаем, такие механизмы различения «своих» и «чужих» найдены у млекопитающих).

Развивая эту идею, мы предположили, что оптимальная степень родства партнеров может меняться в зависимости от ситуации. В неблагоприятных условиях популяции должно быть «выгодно» сместить предпочтения особей в сторону близкородственных скрещиваний, чтобы избежать «размывания» у потомства тех генных комплексов, которые позволили родителям выжить в этой критической обстановке. Поэтому у некоторых организмов в ходе эволюции мог выработаться механизм, смещающий под воздействием стресса брачные предпочтения в сторону выбора «своих».

Если бы такой механизм существовал, он мог бы способствовать быстрому видообразованию, потому что группы особей, попавшие в непривычные условия и сумевшие выжить (пусть и ценой сильного сокращения численности за счет отсеивания «неприспособленных» генотипов), могли бы автоматически вырабатывать репродуктивную изоляцию от всех «чужаков», т.е. других представителей своего вида, которые в этих стрессовых условиях не жили и, скорее всего, плохо к ним приспособлены.

Для проверки этих идей нужно провести много опытов на

разных объектах, но пока нам удалось поэкспериментировать только с четырьмя лабораторными линиями дрозофил. Результаты экспериментов, опубликованные в мае текущего года в журнале «Animal behaviour», в целом хорошо согласуются с гипотезой о смещении брачных предпочтений в стрессовых условиях [8].

В качестве «стрессоров» в наших опытах были выбраны вредные мутации и зараженность бактерией *Wolbachia*. Мы взяли две линии плодовых мушек: *R (линия, генетически близкая к диким дрозофилам) и *W (линия, полученная в результате близкородственных скрещиваний — инбридинга и отягощенная несколькими вредными мутациями). Всех дрозофил заразили вольбахией, но часть мушек из каждой линии вылечили с помощью тетрациклина, получив таким образом четыре линии: *R вылеченные, *R зараженные, *W вылеченные, *W зараженные. Дрозофилы первой из этих линий (*R вылеченные) подверглись наименьшему стрессу, а потому, согласно нашей гипотезе, должны активнее всех избегать инбридинга, т.е. выбирать «чужих». Мушкам последней линии (*W зараженные) досталось больше всего, и мы ожидали, что они будут проявлять наибольшую склонность к инбридингу.

Проверка брачных предпочтений проводилась двумя способами: в первой серии экспериментов дрозофил сажали в пробирку по трое — одна сам-



Drosophila melanogaster: а — самец линии *W с мутациями «white» (белые глаза) и «yellow» (желтое тело), б — самец линии *R с мутацией «yellow». Мутация «white» приводит к неспособности накопления зрительных пигментов в фасеточном глазу дрозофилы, в результате чего мухи практически слепы.

ка и два самца из разных линий, во второй серии в пробирке с 20 самками (по 10 из двух разных линий) оказывался только один самец.

У дрозофил довольно сложный ритуал ухаживания: самцы ходят вокруг самки, «облизывают» ее хоботком, машут крылышками, поют брачную песенку, которую можно услышать только при помощи высокочувствительной аппаратуры. Время от времени самец пытается вскарабкаться на самку, но у него ничего не получится, пока она не раздвинет крылья. В ситуации, когда в пробирке два самца соревнуются за одну самку, исход соревнования зависит, конечно же, от самки — кого из двоих она выберет. Хотя и активность самца имеет большое значение (а его активность, в свою очередь, может зависеть от того, насколько ему нравится эта самка). Мы следили за событиями в пробирке до тех пор, пока одному из самцов не удавалось спариться с самкой. Иногда все происходило за считанные минуты, а иногда приходилось ждать часами, пока мухи разберутся в своих отношениях. Самец, первым добившийся успеха, считался «победителем», и эксперимент на этом заканчивался. Всего было проведено более тысячи таких опытов, и в 722 случаях нам удалось дождаться спаривания.

В другой серии экспериментов 20 самок и одного самца оставляли в покое на сутки в большой пробирке, а потом рассаживали самок по отдельным про-

биркам и смотрели, кто из них отложит оплодотворенные яйца. За это время самцы успевали оплодотворить в среднем около половины самок. В этом эксперименте исход в большей степени зависел от предпочтений самца (за какими самками он станет ухаживать, а каких проигнорирует), хотя самки, которым он пришелся не по душе, имели полное право его отвергнуть.

Результаты экспериментов полностью подтвердили наши ожидания: в обеих сериях были выявлены сходные брачные предпочтения. Похоже, мухи действительно тестируют потенциальных партнеров по принципу «свой или чужой», причем оба предполагаемых стрессовых фактора ведут к сдвигу предпочтений в сторону выбора «своих». Так, наиболее пострадавшие самки из линии «*W зараженные» спаривались со «своими» по генотипу самцами (*W) чаще, чем «*W вылеченные» самки. Кроме того, все самки обеих линий *W различали генотипически близких самцов (*W) по статусу зараженности: зараженные самки предпочитали спариваться с зараженными самцами, вылеченные — с вылеченными. У самок линий *R все оказалось наоборот: они предпочитали «чужих» по статусу зараженности, а «*R вылеченные» самки выбирали «чужих» еще и по генотипу (т.е. чаще спаривались с самцами линий *W, чем «*R зараженные» самки).

Таким образом, один фактор стресса (вредные мутации)

склонял мух к выбору партнеров с таким же, как у них, статусом зараженности, а второй (бактерия *Wolbachia*) — побуждал их выбирать партнеров из «своей» генетической линии (или уменьшал их склонность к выбору партнеров из «чужой» линии). Аналогично вели себя дрозофилы и в тех опытах, где один самец выбирал из 20 самок.

Хотя полученные результаты в целом хорошо согласуются с гипотезой о том, что стресс может сдвигать брачные предпочтения в сторону выбора «своих», для полной уверенности понадобятся дополнительные эксперименты.

Каким образом мухи определяют степень генетической (или биохимической) близости потенциального партнера, пока неясно. Ряд наблюдений указывает на то, что ключевую роль играет «облизывание» партнера хоботком. Например, при межвидовых скрещиваниях самец часто прекращает ухаживание после того, как прикоснется хоботком к брюшку самки (видимо, чувствует, что «вкус не тот»). Мы предполагаем, что в тестировании по принципу «свой или чужой» может принимать участие удивительный полиморфный белок DSCAM из надсемейства иммуноглобулинов, который у насекомых используется и для иммунной защиты, и для взаимного «узнавания» нейронов в ходе развития нервной системы [9]. К сожалению, технически это предположение очень сложно проверить. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-04-49702.

Литература

1. Barluenga M., Stölting K.N., Salzburger W. et al. // Nature. 2006. V.439. P.719—723.
2. Savolainen V., Anstett M.-C., Lexer C. et al. // Nature. 2006. V.441. P.210—213.
3. Марков А.В., Куликов А.М. // Изв. РАН. Сер. Биол. 2006. №3. С.261—274.
4. Dodd D.M.B. // Evolution. 1989. V.43. P.1308—1311.
5. Milinski M., Griffiths S., Wegner K.M. et al. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. V.102. №12. P.4414—4418.
6. Bateson P. // Nature. 1978. V.273. P.659—660.
7. Держинский К.Ф., Шкиль Ф.Н., Абдулла Б. и др. // Вопросы ихтиологии. 2007. Т. 47. №5. С.676—683.
8. Markov A.V., Lazebny O.E., Goryacheva I.I. et al. // Animal Behaviour. 2009. V.77. P.1011—1017.
9. Hattori D., Demir E., Kim H.W. // Nature. 2007. V.449. P.223—227.

Почему токсичен гомоцистеин?

А.А.Болдырев

Изучение биологической роли гомоцистеина началось еще в 1932 г., когда французский химик В.де Виньо описал его как продукт деметилирования аминокислоты метионина. Гомоцистеин, серусодержащая аминокислота, участвует в процессах метилирования, которые важны для синтеза белков и липидов и для регуляции стабильности нуклеиновых кислот. Ее избыток легко превращается в метионин или цистеин, необходимый для синтеза белков и таких важных коротких пептидов, как глутатион. По этой причине в нормальных условиях получаемый с пищей метионин без остатка утилизируется организмом, и гомоцистеин в крови не накапливается.

Гомоцистеин как фактор риска

Проблемы начинаются тогда, когда возникает дефицит витаминов, необходимых для утилизации гомоцистеина, или если имеется генетически обусловленная недостаточность ферментов, участвующих в его превращениях. Эти обстоятельства усугубляются низкой скоростью выведения гомоцистеина почками. Уровень этой аминокислоты и продуктов ее окисления в плазме крови здоровых людей составляет 5–10 мкмоль/л, но с возрастом постепенно повышается. До полового созревания



Александр Александрович Болдырев, доктор биологических наук, профессор Международного биотехнологического центра Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, руководитель лаборатории нейробиологии Института неврологии РАМН. Область научных интересов — механизмы устойчивости нейронов к окислительному стрессу.

содержание гомоцистеина в крови мальчиков и девочек примерно одинаково — около 5 мкмоль/л; позднее оно несколько возрастает, причем у мальчиков сильнее, чем у девочек. У взрослых уровень гомоцистеина достигает 10–12 мкмоль/л; у мужчин он обычно выше, чем у женщин, что объясняется гормональными особенностями обмена.

Избыток гомоцистеина в кровяном русле рассматривают как фактор риска многих заболеваний. Термин «гипергомоцистеинемия» используется, если уровень этой аминокислоты в крови превышает 15 мкмоль/л. Ее концентрация в пределах 15–30 мкмоль/л свидетельствует об умеренной гипергомоцистеинемии, от 30 до 100 мкмоль/л — о промежуточной, а более 100 мкмоль/л — о тяжелой. Даже умеренная гипергомоцистеинемия, сохраняющаяся длительное время, может отрицательно влиять на ум-

ственные способности пациентов: вызывать отчетливые нарушения памяти и других видов нервной деятельности. Тяжелая форма заболевания приводит к судорогам и слабоумию.

Отмечена повышенная склонность к гипергомоцистеинемии у курящих или потребляющих большое количество кофе. Небольшие количества алкоголя могут снижать уровень гомоцистеина, но большие дозы способствуют его накоплению в крови. В ряде случаев нормальная концентрация гомоцистеина восстанавливается за счет диеты и витаминов группы В.

Позднее обнаружилось, что гипергомоцистеинемия провоцирует развитие атеросклероза, особенно на фоне повышенного содержания холестерина. Увеличение концентрации гомоцистеина в крови приводит к повреждению клеток сосудистой стенки, усиливая образование тромбов. Недавно в медицинской литературе был описан

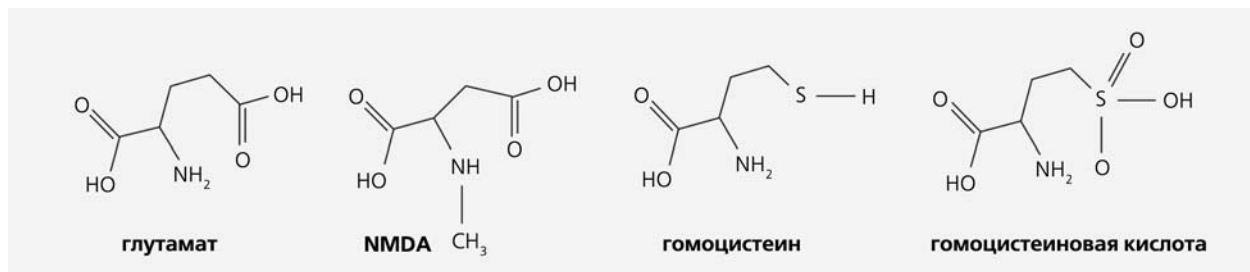


Рис.1. Структурные формулы глутамата, NMDA, гомоцистеина и гомоцистеиновой кислоты.

синдром гомоцистеинурии, связанный с дефицитом цистатионин-β-синтазы — одного из ферментов, превращающих гомоцистеин в цистеин. При этом заболевании также отмечаются умственная отсталость, прогрессирующие сердечно-сосудистые заболевания и высокая частота тромбозов.

Таким образом, гипергомоцистеинемия — один из патогенетических факторов развития атеросклероза, инфаркта миокарда и инсульта, а также болезни Альцгеймера. В настоящее время считается, что гомоцистеин служит фактором риска для различных сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний, хотя причины этого до последнего времени оставались неясными.

Гомоцистеин как нейротоксин

Токсический эффект гомоцистеина на культуру нервных клеток отметили довольно давно. Исходя из структурного сходства молекул гомоцистеина и глутамата (рис.1) предположили, что его действие направлено на глутаматные рецепторы. Действительно, во многих лабораториях с помощью электрофизиологических методов продемонстрировано, что при возбуждении специфических рецепторов, активируемых аналогом глутамата N-метил-D-аспартатом (NMDA), гомоцистеин активирует нейроны. Это стимулирует вход в нейроны ионов кальция и приводит к накопле-

нию свободнорадикальных соединений. Инкубация нейронов с супероксиддисмутазой или каталазой, разрушающими активные формы кислорода, значительно снижала токсический эффект гомоцистеина.

Позже обнаружили, что нейротоксический эффект гомоцистеина ослабляет также противосудорожный препарат мемантин, антагонист NMDA-рецепторов. Непосредственной причиной роста активных форм кислорода считают вход ионов кальция в нейрональные клетки.

Тем не менее эта аминокислота — довольно слабый токсин: в экспериментах ее цитотоксический эффект (некротическая гибель нейронов) проявляется только в концентрациях более 1 мМ (чего обычно не наблюдается в организме). В то же время эта аминокислота очень легко окисляется, образуя гомоцистеиновую кислоту, которая в несколько раз токсичнее для нейронов, чем гомоцистеин. В электрофизиологических экспериментах чувствительность нейронов к гомоцистеиновой кислоте значительно выше, чем к гомоцистеину. Уже при ее концентрации 50–100 мкМ (промежуточная гипергомоцистеинемия) наблюдается стойкая активация NMDA-рецепторов, приводящая к смерти нейронов по пути апоптоза.

Так же, как и в случае NMDA или гомоцистеина, гомоцистеиновая кислота стимулирует вход ионов кальция и рост активных форм кислорода в цитоплазме нейронов. Последний процесс можно подавить N-ацетилцисте-

ином, естественным клеточным метаболитом, способным нейтрализовать активный кислород. Благодаря свободнорадикальному сигналу, возникающему в нейронах при их инкубации с гомоцистеиновой кислотой, уже через один-два часа фосфатидилсерин мигрирует с внутренней стороны нейрональной мембраны на наружную, т.е. начинается апоптоз. Поскольку известно, что в сформированном мозге содержание нейронов отнюдь не избыточно и в случае гибели они не замещаются другими нейронами, активация апоптоза в нервной ткани отражается на многих функциях мозга. Действительно, введение гомоцистеиновой кислоты в желудочек мозга животных вызывало многочасовые судороги, сопровождающиеся гибелью нейронов в различных отделах головного мозга; при этом антагонисты NMDA-рецепторов действовали как антиконвульсанты.

NMDA-рецепторы вне нервной системы

Недавно выяснилось, что глутаматные рецепторы широко распространены не только в нервной ткани [1–3]. Среди них наибольший интерес привлекают NMDA-рецепторы, поскольку они имеют прямое отношение к распознаванию объектов, нахождению и запоминанию пути и другим видам когнитивного поведения. Когда NMDA-рецепторы обнаружили в мембране лимфоцитов грызунов и человека, стало понятно,

что нервная и иммунная системы имеют общий язык, поскольку реагируют на одни и те же сигналы. Свойства этих рецепторов в нервных клетках и лимфоцитах оказались весьма схожи, если не тождественны: их активация в обоих случаях вызывает вход ионов кальция и возрастание уровня активных форм кислорода. Таким образом, для иммунной системы гомоцистеин так же токсичен, как и для нервной [3, 4].

Биологическая роль NMDA-рецепторов в лимфоцитах еще не вполне понятна, но важно, что их количество зависит от функционального состояния клеток. Активация лимфоцитов фитогемагглютинином, имитирующим воспаление, увеличивает пропорционально времени активации долю клеток, несущих NMDA-рецепторы. В организме, в зоне воспаления, лимфоциты начинают синтезировать эти рецепторы и «оснащать» ими свои мембраны.

В клетках иммунной системы NMDA-рецепторы способны регулировать синтез цитокинов. При изучении образования лимфоцитами γ -интерферона в присутствии NMDA или глутамата выяснилось, что они не влияют на его синтез, если находятся в интактном (неактивном) состоянии. Однако если лимфоциты активировать, например, интерлейкином-2 (что происходит при мобилизации иммунного ответа), NMDA подавляет, а глутамат — активирует образование этого цитокина. Это значит, что на мембране лимфоцита глутамат имеет дополнительную мишень, которая усиливает иммунный ответ, а NMDA его подавляет. Таким образом, стационарная гипергомоцистеинемия будет угнетать иммунные свойства организма, поскольку иммунокомпетентные клетки периферической крови через NMDA-рецепторы постоянно испытывают влияние гомоцистеина и продуктов его окисления.

Недавно аналогичную закономерность с выявлением

NMDA-рецепторов обнаружили у фагоцитирующих клеток иммунной системы — нейтрофилов, выделенных из периферической крови интактных животных. На их мембранах не оказалось NMDA-рецепторов, хотя имелись практически все аденозиновые рецепторы (A1, A2a, A2b, A3), участвующие в регуляции иммунного ответа. Между тем в очаге воспаления нейтрофилы несут на себе NMDA-рецепторы. На фоне этих данных обнаружение NMDA-рецепторов в тромбоцитах, эритроцитах, а также в сердечной мышце, где они участвуют в регуляции внутриклеточного содержания ионов кальция, не стало большим сюрпризом. Вероятно, этот класс глутаматных рецепторов широко вовлекается в процессы внутриклеточной сигнализации не только в нейрональной системе, но и в других органах и тканях.

Гомоцистеин и форменные элементы крови

Способность клеток иммунной системы вырабатывать NMDA-рецепторы поднимает вопрос о влиянии на них гомоцистеина. Мы исследовали его действие как на клетки, продуцирующие цитокины (лимфоциты), так и на фагоцитирующие клетки (нейтрофилы). Оказалось, что в лимфоцитах не только свойства NMDA-рецепторов похожи на таковые у нейрональных клеток, но и влияние на них гомоцистеина аналогично. Его концентрации сравнимы с теми, что определяются в крови при гипергомоцистеинемии (100—500 мкМ), а эффект проявляется уже через 30 мин инкубации. При этом инкубация лимфоцитов с гомоцистеином инициирует апоптоз.

Как мы отметили, нейтрофилы, выделенные из периферической крови интактных животных, не содержат функционально активных NMDA-рецепторов, при этом гомоцистеин не влияет на стационарный уровень ак-

тивного кислорода в этих клетках. Однако в условиях активации клеток (так называемого дыхательного взрыва) он способен существенно увеличивать количество свободных радикалов. Резкое усиление продукции активных форм кислорода можно вызвать индуктором хемотаксиса fMet-Leu-Phe (fMLP), на который нейтрофилы реагируют как на чужеродный фактор.

Повышенное образование свободных радикалов из молекулярного кислорода, происходящее в ответ на появление этого агента, отражает способность клеток иммунной системы защищать организм от вторжения «чужака». Казалось бы, в этих условиях действие гомоцистеина можно признать положительным. Но его постоянное присутствие в кровяном русле истощает защитную способность нейтрофилов, т.е. подавляет эту функцию иммунной системы. Так, в нормальных условиях нейтрофилы, ответившие дыхательным взрывом на появление активатора, готовы отреагировать таким же образом на его повторную порцию. Но в присутствии гомоцистеина первый всплеск образования активного кислорода будет даже более эффективным, а повторная активация уже не наступит. Тот факт, что избыточная активация нейтрофилов гомоцистеином предотвращается антагонистом NMDA-рецепторов (МК-801), доказывает их участие в реакции на гомоцистеин.

Таким образом, присутствие гомоцистеина обеспечивает гиперактивацию NMDA-рецепторов не только нейрональных клеток, но и клеток иммунокомпетентной системы, синтезирующих NMDA-рецепторы. Значит, при гипергомоцистеинемии будет снижаться функциональная активность как нервной, так и иммунной системы организма.

В дополнение к вышеизложенному мы обнаружили, что гомоцистеиновая кислота способна усиливать гемолиз эритроцитов, вызываемый неблагоприятными факторами. Инкубация

с ней эритроцитов увеличивала скорость их кислотного гемолиза и укорачивала период устойчивости, после которого начались нарушения эритроцитарной мембраны [5]. Такой эффект соответствует наличию на мембране эритроцитов белка, который реагирует с антителами на NMDA-рецепторы и вызывает вход ионов кальция внутрь эритроцитов после их инкубации с N-метил-D-аспаратом. Ослабление неблагоприятного действия гомоцистеиновой кислоты антагонистом МК-801 соответствует представлениям о влиянии исследуемых факторов риска через NMDA-рецепторы [6].

Обращает на себя внимание и токсическое действие гомоцистеина на тромбоциты. Он усиливает их агрегацию вследствие снижения синтеза NO сосудистым эндотелием и пролиферации гладкомышечных клеток. Упомянутое выше тромбогенное действие гомоцистеина может быть связано с повреждением клеток сосудистого эндотелия, ингибированием синтеза простаглицина, подавлением активации регуляторов свертывающей системы крови. Все эти эффекты (или, по крайней мере, их часть) также могут быть обусловлены NMDA-рецепторами, недавно обнаруженными в предшественниках тромбоцитов — мегакариоцитах. Совместно с сотрудниками Цюрихского университета мы описали отрицательное (аритмогенное) действие гомоцистеиновой кислоты на сердечную деятельность крыс, которое можно предотвратить, если добавить в перфузионный раствор МК-801. Присутствие в кардиомиоцитах NMDA-рецепторов [7] позволяет утверждать, что молекулярной мишенью токсического действия гомоцистеина служат именно они. Широкое распространение рецепторов NMDA-класса делает гомоцистеин токсичным не только для нервной системы, но и для всех клеток, где они экспрессируются. Сегодня в этот список входят кардиомиоциты,

мегакариоциты, тромбоциты, эритроциты, клетки костной ткани и иммунной системы. Возможно, в недалеком будущем этот список будет пополнен.

Защита от токсических эффектов гомоцистеина

Как можно видеть из приведенных выше данных, нарушение обмена гомоцистеина вызывает развитие различных патологических состояний. В ряде случаев высокий уровень гомоцистеина в крови может быть не причиной патологии, а ее следствием. Тогда его накопление будет усугублять течение болезни, приводя к еще более тяжелым симптомам. Но в какой бы роли (предрасполагающего фактора или следствия заболевания) гомоцистеин ни выступал, последствия его избытка очень значительны и требуют выработки способов защиты организма.

Гипергомоцистеинемия не только сопутствует возрастным (старческим) изменениям метаболизма, но и осложняет течение беременности. Имеются данные, что в крови матери уровень гомоцистеина обратно пропорционален массе плода и новорожденного. Эта аминокислота свободно проникает через плацентарный барьер и может оказывать на плод тератогенное и фетотоксическое действие. Механизмы, описанные выше, вероятно, участвуют в развитии осложнений беременности. Образование микротромбов и нарушения микроциркуляции могут стать причиной репродуктивной недостаточности: невынашивания беременности и бесплодия в результате дефектов имплантации зародыша.

Тератогенность гомоцистеина может возникать из-за сбоя в регуляторном метилировании нуклеиновых кислот и синтезе полиаминов. Доказано, что на ранних стадиях беременности гипергомоцистеинемия — одна из причин анэнцефалии и заращения костно-мозгового ка-

нала. Первый фактор приводит к стопроцентной летальности, а второй — к развитию серьезных неврологических проблем, включая моторный паралич новорожденных и пожизненную инвалидность. На более поздних стадиях беременности развиваются фетоплацентарная недостаточность и хроническая внутриутробная гипоксия плода. В результате рождаются дети с низкой массой тела, сниженными резервами функциональных систем жизнеобеспечения.

Для защиты от токсического действия гипергомоцистеинемии обычно рекомендуется систематический прием витаминной группы В и фолиевой кислоты. Однако при генетических нарушениях ферментов, обеспечивающих метаболизм этой аминокислоты, такая мера недостаточно эффективна. Поэтому следует обратить внимание на возможность снижения токсичности самого гомоцистеина. Поскольку действие его продуктов вызывает чрезмерное накопление активного кислорода, нарушает функции клеток, имеющих NMDA-рецепторы, и их апоптоз, то применение синтетических антагонистов может сопровождаться нежелательными последствиями. Вероятно, лучше использовать природные метаболиты, способные регулировать внутриклеточный уровень активных форм кислорода и сохранять жизнеспособность и функциональную активность клеток.

В поисках таких метаболитов мы обратили внимание на карнозин — природный дипептид, способствующий работе нейронов головного мозга при окислительном стрессе. Ранее в опытах *in vitro* мы показали, что карнозин эффективно защищает нейроны от окислительного стресса и препятствует их гибели [8]. Этот дипептид нетоксичен и может легко проникать через гематоэнцефалический барьер при введении в кровь. Избыток карнозина быстро расщепляется ферментами, так что его передозировка не-

Таблица 1
Характеристика экспериментальных животных

| Группы животных | Количество исследуемых семей | Среднее количество особей в помете | p1 | Вес, г (для потомства в возрасте 10 дней) | p2 |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------|--|-------|
| Группа 1 (интактные животные) | 6 | 12±2 | | 23.3±0.4 | <0.05 |
| Группа 2 (метионин) | 4 | 7±1 | <0.05 | 18.9±0.5 | |
| Группа 3 (метионин + карнозин) | 6 | 13±2 | >0.05 | 24.1±0.6 | <0.05 |

Примечание: p1 — достоверность событий относительно группы 1, p2 — относительно группы 2.

Таблица 2
Результаты теста Морриса для исследуемых групп животных

| Регистрируемый параметр | Группа 1 (n = 18) | Группа 2 (n = 18) | Группа 3 (n = 18) |
|---|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Время поиска платформы, с | 20±7 | 140±18, p1 < 0.01 | 45±6, p2 < 0.01 |
| Средняя скорость, м/с | 0.24±0.02 | 0.18±0.02 | 0.25±0.04, p2 > 0.05 |
| Время нахождения в центральной области бассейна (% от общего времени) | 20±7 | 7±5, p1 < 0.01 | 35±5, p2 < 0.01 |

Примечание: p1 и p2 — достоверность относительно групп 1 и 2 соответственно.

опасна. Описанная недавно защита карнозином мембран эритроцитов при кислотном гемолизе в присутствии гомоцистеиновой кислоты показала, что биологический эффект этого дипептида не ограничен его антиоксидантной активностью [5].

Для оценки карнозина как средства защиты организма от токсического действия гомоцистеина мы разработали модель пренатальной гипергомоцистеинемии [9]. В этой модели повы-

шенный уровень гомоцистеина в крови беременных крыс создается за счет пищевой нагрузки метионином (1 г/кг массы тела в сутки в составе питьевой воды), которую начинают в конце первого триместра беременности. Тогда развитие плода протекает в условиях постоянной гипергомоцистеинемии, при этом количество животных в потомстве снижается и вес детенышей уменьшается (табл.1). В дальнейшем такие животные

проходили «водный тест» Морриса на обучаемость и способность к запоминанию. Суть его заключается в оценке времени поиска платформы, находящейся под поверхностью мутной воды. Эффективность запоминания пути к платформе оценивали на другой день после предварительного обучения.

Эксперименты показали, что крысы, мозг которых формировался при гипергомоцистеинемии, отличаются пониженной обучаемостью (табл.2 и рис.2). Более того, при анализе свойств нейронов, изолированных из мозжечка этих животных, уменьшается чувствительность к NMDA, гомоцистеину или гомоцистеиновой кислоте. Потомство крыс, получавших вместе с метионином карнозин (100 мг/кг массы тела), отличалось от группы «гипергомоцистеиновых» по многим параметрам. Беременность у самок этой группы, судя по количеству потомства и их весу, протекала более успешно (табл.1). Кроме того, тест на обучаемость эти де-

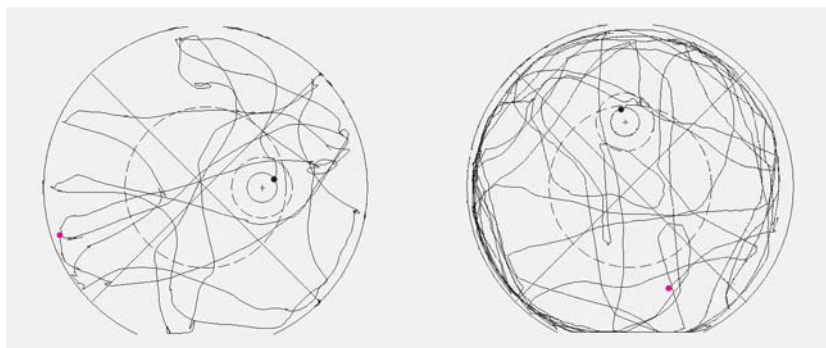


Рис.2. Стратегия поиска платформы животным из контрольной группы (слева) и из группы с пренатальной гипергомоцистеинемией. Старт — красный кружок, финиш — черный [6].

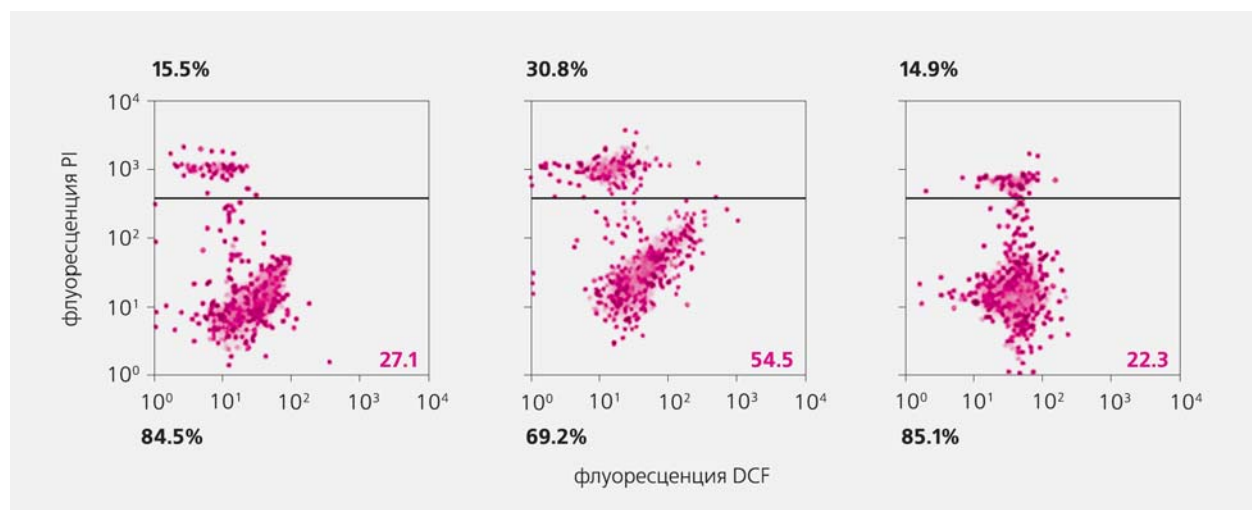


Рис.3. Влияние карнозина на состояние нейронов мозжечка десятидневных крыс, перенесших пренатальную гипергомоцистеинемию. Слева — контрольная группа; в середине — крысы, развивающиеся в условиях гипергомоцистеинемии; справа — перенесшие гипергомоцистеинемию на фоне карнозина (100 мг/кг массы тела). Для создания гипергомоцистеинемии беременным крысам и рождающемуся потомству в питьевую воду добавляли метионин (1 г/кг массы тела). Из их мозжечков выделяли нейроны и анализировали с помощью проточного цитометра. Двойное окрашивание иодидом пропидия (PI) и дихлорфлуоресцином (DCF) позволяло определить долю мертвых (выше черной линии) и живых (ниже черной линии) нейронов — цифры в верхней и нижней части каждого рисунка. Средняя флуоресценция, отражающая уровень активного кислорода, указана внутри каждого рисунка (отн. ед.).

теныши выдерживали значительно лучше: они быстрее находили платформу в водном бассейне — почти так же, как интактные животные (табл.2). Наконец, оказалось, что в мозжечке десятидневных крыс этой группы доля мертвых нейронов сократилась, а уровень активного кислорода в живых нейронах снизился до значений, характерных для интактных животных (рис.3).

Все эти факты свидетельствуют, что регулярное применение

карнозина защищает организм от токсического действия гомоцистеина [10]. Характерно, что содержание общего гомоцистеина в крови животных, получавших метионин и карнозин, оставалось таким же высоким, как и в группе животных, получавших только метионин. Следовательно, защитный эффект карнозина состоит не в улучшении обмена гомоцистеина и снижении его концентрации, а в реальной защите клеток и тканей от его токсического действия.

Неясно, каким образом в целом организме проявляется эффект карнозина — модулирует ли он сродство к гомоцистеину глутаматных рецепторов, препятствует накоплению свободных радикалов или использует другие способы защиты, которые еще не изучены. Но само по себе протекторное действие карнозина отражает наличие природных механизмов противодействия гипергомоцистеинемии и может найти применение в медицинской практике. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 03-04-48767, 06-04-40675 и 09-04-00507.

Литература

1. Болдырев А.А. Нейрональные рецепторы в клетках иммунной системы // Природа. 2005. №7. С.4—8.
2. Boldyrev A.A., Carpenter D.O., Johnson P. // J. Neurochem. 2005. V.95. P.913—918.
3. Болдырев А.А. // Нейрохимия. 2006. Т.23. №3. С.165—172.
4. Давыдова О.Н., Болдырев А.А. // Анналы клин. эксп. неврол. 2007. Т.1. №4. С.28—34.
5. Арзуманян Е.С., Махро А.В., Тюлина О.В., Болдырев А.А. // Доклады РАН. 2008. Т.418. С.44—46.
6. Болдырев А.А. // Биохимия. 2009. Т.74. С.725—736.
7. Gill S., Veinot J., Kavanagh M., Pulido O. // Toxicol. Pathol. 2007. V.35. P.411—417.
8. Болдырев А.А. Карнозин и защита клеток от окислительного стресса. М., 1999.
9. Махро А.В., Машкина А.П., Соленая О.А. и др. // Бюлл. эксп. биол. мед. 2008. Т.146. №7. С.37—39.
10. Махро А.В., Машкина А.П., Соленая О.А. и др. // Нейрохимия. 2008. Т.25. С.233—240.

Из света в тьму или наоборот?

Д.М.Мартынова, А.В.Гордеева

«**М**ы еще весьма далеки от полного понимания того, почему они ежедневно тратят так много энергии для вертикальных миграций». Так в середине XX в. полагали английские ученые С.М.Маршалл и А.П.Орр, имея в виду зоопланктон. Более полувека прошло с тех пор, но причины и смысл таких миграций остаются неразъясненными, фактически на сей счет существуют только гипотезы.

Сам феномен суточных вертикальных миграций зоопланктона был открыт Дж.Мэррзэем (J.Murray) гораздо раньше, в 1885 г. Необъяснимым чудом кажется факт, подтвержденный сотнями публикаций: веслоногие рачки (копеподы), существа размером всего несколько миллиметров, каждый день преодолевают в толще воды расстояние до нескольких километров, т.е. превышающее длину их тела в 100 тыс. раз. Это то же самое, как если бы человек каждый день проходил по две-три сотни километров. Что же такое суточные вертикальные миграции (СВМ) и для чего они нужны крошечным рачкам?

Разночтения

СВМ — это комплекс поведенческих реакций животных, одно из средств приспособления к окружающей среде и ее изменениям. От растительных

© Мартынова Д.М., Гордеева А.В., 2009



Дарья Михайловна Мартынова, кандидат биологических наук, научный сотрудник Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — стратегии жизненных циклов морских копепод, обитающих в высоких широтах.



Анна Викторовна Гордеева, младший научный сотрудник Института биохимии им.А.Н.Баха РАН (Москва). Научные интересы связаны с исследованиями индивидуального развития и поведения животных.

тропизмов* такие реакции животных отличаются участием эффекторов — специальных органов или клеток, реализующих полученные от рецепторов сигналы. Простейший пример поведенческой реакции — таксис, или двигательная реакция, осуществляемая в ответ на внешний стимул, причем в подавляю-

* Тропизмами называют движения органов (стебля, листьев, корня) растений под действием какого-либо раздражителя: света (фототропизм), силы земного тяготения (геотропизм), температуры (термотропизм) и т.д.

щем большинстве случаев без участия центральной нервной системы. Когда стимулом служит свет, ответ может быть в виде фототаксиса, фотокинеза и фотофобной реакции (фотофобии). Фототаксис — движение к источнику света — свойствен многим видам крабов, головоногих моллюсков и рыб. Этот вид реакции нашел и практическое применение: массовый промысел кальмаров и таких рыб, как сайра, основан на их стремлении к свету в темное время суток. Фотокинез, или изменение

скорости движения, зависимое от интенсивности освещения, проявляют и организмы (например, морские мизиды — ближайшие родственники креветок — при вертикальных миграциях), и их органы, скажем, фильтрационный аппарат усоногих ракообразных — морских желудей, баянусов. Фотофобия, как ясно из названия, — это избегание освещенных участков при резком усилении света.

Многие водные животные так же, как и подавляющее большинство наземных обитателей, зависят от света. Однако для гидробионтов важны еще две его характеристики: снижение освещенности и изменение спектрального состава с глубиной. Из-за этих причин в водоемах существуют фотическая зона, куда проникает солнечное излучение, и афотическая, т.е. зона тьмы. Вертикальная протяженность фотической зоны зависит от многих факторов, но главным образом — от прозрачности воды. Чем меньше в ней взвешенных частиц, тем она прозрачнее, а значит, глубже пропускает свет. Кроме того, волны разных частей спектра теряют свою интенсивность неодинаково: красный свет, например, слабеет уже у поверхности, а голубой — около 200 м. Ультрафиолетовое излучение даже прозрачная океаническая вода не пропускает за пределы 20 м.

Прикрепленные морские организмы, напрямую зависящие от света (например, многоклеточные водоросли), в процессе эволюции приспособились к глубинам с наиболее подходящими спектральным составом и интенсивностью света. Другие, активно перемещающиеся, например многие виды зоопланктона, заняли места обитания, которые богаты пищей и безопасны для жизни. Верхние слои воды — идеальное место для питания зоопланктонных организмов (не всех, конечно), ведь именно в фотической зоне в массе развиваются одноклеточные фитопланктонные водо-

росли — их пища. Но именно там в дневное время зоопланктон подвергается риску быть съеденным хищниками, так называемыми зрительными планктонофагами. Некоторым исследователям этот риск представляется настолько высоким, что они считают эволюционно закрепленными суточные вертикальные миграции в мелководных озерах с глубинами всего в 1.5 м или даже при полном отсутствии хищников в водоеме. Правда, их влияние доказано в опытах с несколькими видами дафний (планктонных ветвистых рачков) — когда нет хищников, размах таких миграций уменьшается. Не последнюю роль играет и температура — ее понижение может существенно увеличить амплитуду СВМ. В целом же двигательная реакция на свет у беспозвоночных гидробионтов одного и того же вида бывает крайне изменчива.

Казалось бы, достаточно того, что свет (точнее, изменения освещенности), стимулирует суточные вертикальные миграции. Но не все так просто. Направленность и степень проявления фототаксиса могут зависеть не от одного, а от многих факторов. Кроме освещенности и длины волны влияют: наличие пищи и хищники, температура и соленость воды, стадия развития и различия в фотопериоде. Например, летом *Daphnia catawba*, которая населяет озера, находящиеся на разных широтах, ведет себя по-разному [1]. Рачки, обитающие в озерах севера Финляндии, практически придерживаются одной глубины в период полярного дня, а южные испанские животные подчиняются суточной динамике освещенности. Многие виды арктических морских копепоидов, обитающие преимущественно в фотическом слое, тоже перестают перемещаться вверх-вниз, когда наступает полярный день.

Долгое время считалось, что если и существует связь между длиной волны видимой части спектра и изменением фототак-

сиса водных беспозвоночных, то она незначительна и от условий среды зависит сильнее, чем от зрения. Но глаза и нервная система рачков ничуть не примитивнее, чем у других членистоногих, и многие из них различают свет разной длины волны, включая ультрафиолетовый [2—4]. Несмотря на это, у некоторых видов дафний, личинок крабов, копепоидов, жаброногих рачков миграции к свету остаются неизменными в широком диапазоне длин волн — от 405 до 960 нм (от фиолетового до инфракрасного). Однако совсем недавно у морских высших рачков — ротоногих, или раковбогомолов, обнаружено цветное зрение. Не зря, видимо, у науплиев («детей» веслоногих рачков), существует светочувствительный глазок. Кстати, если судить по тонкой морфологии, он устроен сложнее, чем считалось ранее [5]. И все же, как доказано в последнее время, для ракообразных гидробионтов важен не только видимый свет.

УФ-излучение может в корне изменить поведенческие реакции планктонных рачков. Под гнетом свободных радикалов кислорода, порождаемых ультрафиолетом и гиперэрацией воды фитопланктоном, может развиваться молекулярный механизм, который определяет избегание света рачками. Мало того, уже съеденные ими (в фотической зоне) клетки фитопланктона продолжают вырабатывать свободные радикалы, а это тоже приводит к стремлению животных мигрировать в темноту. В серии работ, выполненных в последнее десятилетие с морскими копеподами родов *Calanus* и *Pseudocalanus* и пресноводными рачками дафниями, выявлено несомненное угнетение этих животных под действием природного ультрафиолета [6, 7]. Оказалось, больше всего страдают ракообразные с недостатком пигмента меланина и каротиноидов, которые помогают животным бороться с пагубным окислительным процес-

сом. Самое интересное то, что сытые, но слабо окрашенные рачки более подвержены губительному действию ультрафиолета, чем их голодные, но окрашенные собратья [8]. Объясняется это просто: съеденные водоросли в желудке продолжают фотосинтез, сопровождаемый генерацией активных форм кислорода (O_2 и OH^-), которые превращаются затем (спонтанно или под действием фермента супероксиддисмутазы) в перекись водорода H_2O_2 . Иными словами, на свету у наевшихся рачков кишечник подвергается раздражающему действию H_2O_2 , выделяемой съеденными водорослями. Особенно «страдают» при этом прозрачные, непигментированные рачки. Если же рачки голодные (у них в желудке H_2O_2 не генерируется) и притом окрашенные, УФ им не страшен. А вот на copepod *Boeckella gibbosa* из высокогорных андских озер вообще не влияет УФ-излучение, которое куда интенсивнее в тамошных прозрачных водах, чем в морях и равнинных озерах. Предполагают, что этот вид веслоногих рачков эволюционно приспособился к жизни в таких условиях [9]. Однако это все же исключение из правил, большинство беспозвоночных гидробионтов, проводящих часть жизни в фотической зоне, вынуждено изобретать разные способы защиты от ультрафиолетовой радиации.

Многие причины

В водоемах умеренных и высоких широт фитопланктон развивается сезонно, в зависимости от продолжительности светлого времени суток. Конечно же, максимум приходится на период наибольшей освещенности (называемый продуктивным), т.е. на весну—лето. Именно тогда и размножаются многие виды зоопланктона. В глубоководных морях летом прогреваются только продуктивные слои, а нижние остаются холод-

ными, причем температура меняется резко, скачком (эту температурную границу называют термоклином).

Холодноводные формы зоопланктона в теплый период года уходят под термоклин, совершают так называемую онтогенетическую миграцию — миграцию, связанную с особенностями жизненного цикла. А в верхнем слое развиваются тепловодные виды. Такова картина, например, в Белом море, лежащем по обе стороны от Северного полярного круга. Но некоторым видам беломорских веслоногих рачков присущи и суточные, и онтогенетические вертикальные миграции. Зоологи сходятся во мнении об онтогенетических миграциях и факторах, их вызывающих, однако в отношении суточных миграций ясности нет. Именно поэтому нас и заинтересовали СВМ. Сначала мы проанализировали работы авторов, которые исследовали этот тип миграций в полярных морях и пытались понять, чем могут быть вызваны СВМ.

По мнению крупного отечественного планктолога В.Г.Богорова, планктонные организмы полярных широт, особенно те, что населяют верхний 50-метровый слой, летом совершают «полярную» миграцию, связанную с колебаниями воды во время прилива и отлива [10]. Ядро популяции таких видов держится в определенном слое и глубину своего пребывания в течение суток меняет незначительно — на величину, примерно равную перепаду уровней прилива и отлива в данном районе. Таким образом, большинство видов (взрослые организмы или личинки) сохраняют в течение суток почти неизменное вертикальное распределение. В Белом море, по мнению того же автора, зоопланктону свойственны и «обычные» СВМ, связанные с особенностями светового режима. Такая неясность с суточными вертикальными миграциями двух типов (и с двумя причинами, их вызы-

вающими) сохранялась более 30 лет. Однако в 1997 г. Н.М.Перцова, другой крупный специалист по беломорскому планктону, проанализировав обширный материал, пришла к выводу, что миграций «полярного» типа не существует, а есть только «обычные» СВМ [11]. Позже выяснилось, что во время полярного дня в высоких широтах СВМ прекращают все copepody. В самом деле, если считать свет причиной суточных вертикальных миграций, то вполне логично, что при постоянной освещенности «нет повода» мигрировать [12].

Сегодня можно уверенно утверждать, что организмы беломорского зоопланктона, как и обитатели других морей, осуществляют два типа вертикальных миграций — онтогенетические и суточные. Последний тип присущ рачкам многих видов, но в разные сезоны и в разные фазы жизненного цикла животные одного и того же вида могут вести себя несхожим образом.

Мы попробовали выяснить, всегда ли свет, и какой именно, побуждает зоопланктон к суточным вертикальным миграциям. Для этого комплекс беломорских видов подходит как нельзя лучше. Среди них есть арктические, тепловодные (или бореальные) и виды-космополиты (эврибионты). Первые предпочитают только низкие температуры, вторые, наоборот, «любят тепло», а третьим «все равно». Из-за температурных требований арктические виды в зависимости от стадии жизненного цикла и сезона населяют разные водные слои. Кроме того, одни виды беломорского зоопланктона питаются фитопланктоном, а другие — нет (таблица).

Как уже говорилось, условия освещенности — одно из отражений времени года — накладывают отпечаток на вертикальное распределение видов. Поэтому мы проводили эксперименты в четыре сезона: в весеннее равноденствие (в марте, при ледовом покрове) и три ра-

за по открытой воде — в полярный день (май—июнь), в переходный период с сокращением светлого времени суток (август) и в осеннее равноденствие (октябрь). В Белом море желтый свет (560—600 нм) обладает наименьшим коэффициентом ослабления и доходит до глубин порядка 15—20 м. Ультрафиолетовая часть спектра (280 нм) поглощается в приповерхностных слоях (глубина менее 3 м) [13]. Оба вида излучения «сигнализируют» рачкам о фотической зоне, но одно из них, кроме того, может быть губительным для животных, которые днем стремятся вверх.

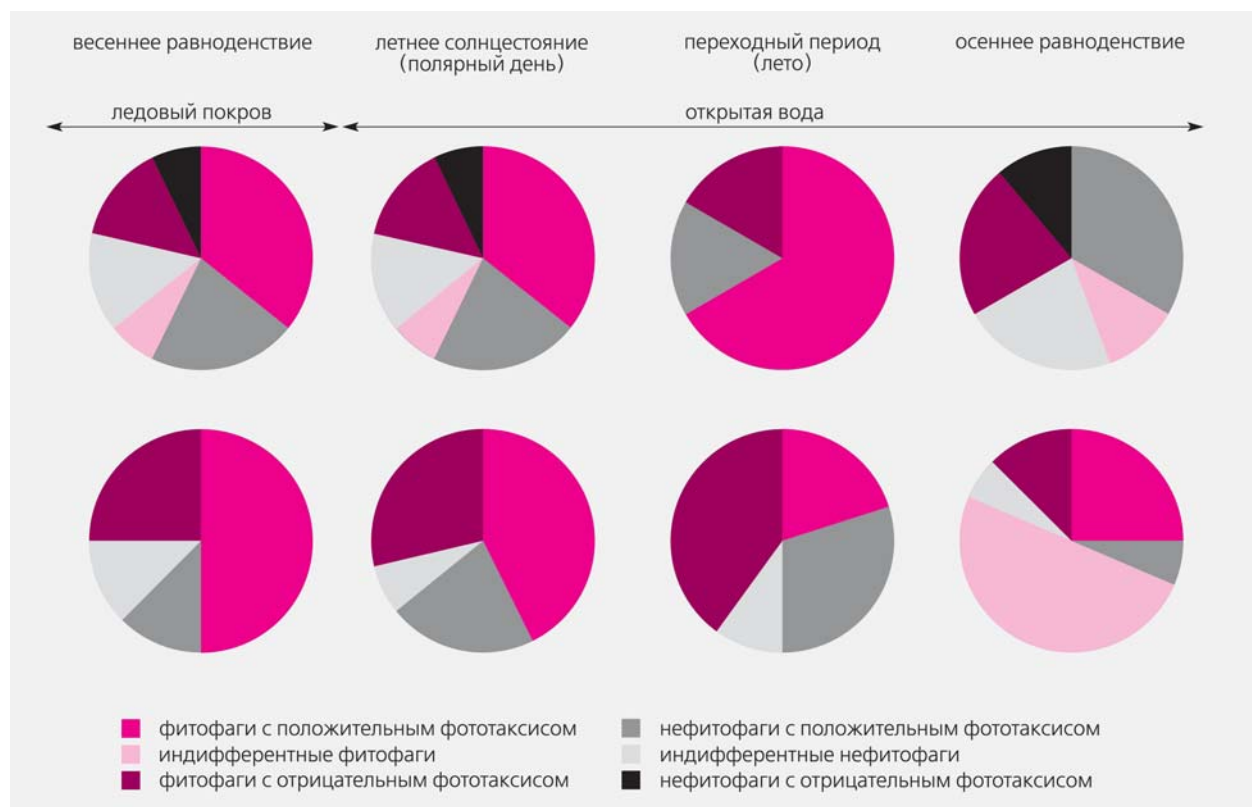
Какое же влияние оказывает то и другое излучение на разных рачков? Насколько светозависимым животным нужна «смена дня и ночи»? Чтобы выяснить это, мы четверо суток держали одну группу животных в полной темноте, другую — в нормаль-

Таблица
Распределение рачков по потребляемой пище

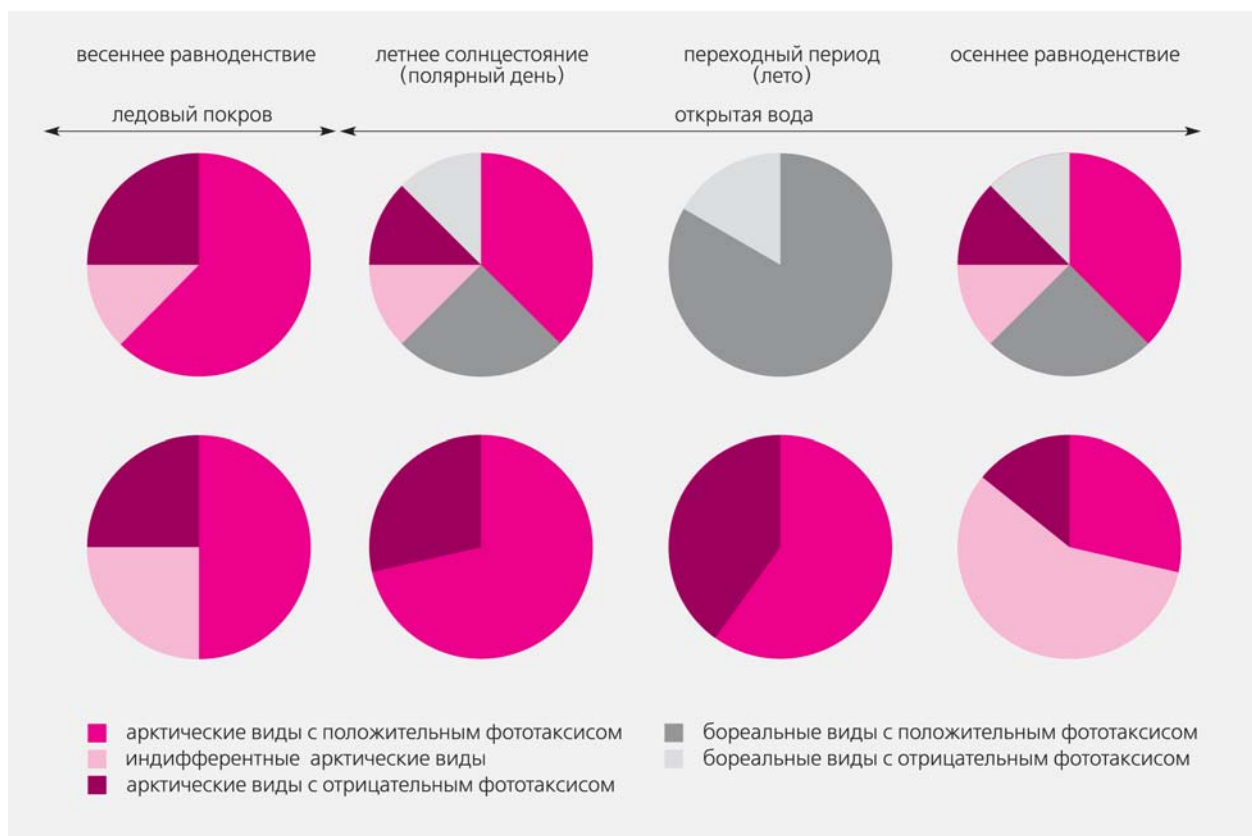
| Группы видов | Названия видов | |
|--------------|---|------------------------------|
| | потребляющих фитопланктон | не потребляющих фитопланктон |
| Арктические | <i>Metridia longa</i> , <i>Calanus glacialis</i> , <i>Pseudocalanus</i> spp. | <i>Oncaea borealis</i> |
| Эврибионтные | | <i>Oithona similis</i> |
| Бореальные | <i>Acartia</i> spp., <i>Temora longicornis</i> , <i>Centropages hamatus</i> , <i>Evadne nordmanni</i> | |

ном режиме смены дня и ночи, а третью — при круглосуточном освещении. Этим мы хотели проверить, изменится ли после снятия такого режима реакция рачков на свет, и если да, то насколько сильно. Кроме того, мы предполагали, что голодные рачки, питающиеся фитопланктоном (фитофаги или частично фитофаги), должны быть чувствительнее к действию света, если он для них означает присутствие пищи. Чтобы понять, как

реагируют рачки разных возрастов, мы отдельно проводили эксперименты с науплиями («детскими стадиями»), неполовозрелыми рачками («подростками»), взрослыми самками и самцами. Сила света в эксперименте соответствовала уровню 50—70% его ослабления в водной толще, т.е. мы моделировали условия не интенсивного света, приходящегося на поверхность воды, а его естественную силу на небольших глуби-



Знак фототаксиса у рачков фитофагов и нефитофагов в разные сезоны. Здесь и на следующем рисунке каждый сектор соответствует количеству (%) видов от общего числа учтенных; верхний ряд — учет в фотическом слое, нижний — в афотическом.



Знак фототаксиса у арктических и boreальных видов рачков фитофагов. Индифферентные boreальные виды не обнаружены.

нах, где как раз и питаются рачки фитофаги.

Мы проверили реакции животных, которые не включают в рацион фитопланктон. Оказалось, что рачки онцеи (*Oncaea borealis*), по-видимому, не реагируют ни на красный, ни на желтый свет, ни на ультрафиолет. Миграции у этого вида рачков не отмечены. Но морской циклоп ойтона (*Oithona similis*), тоже не потребляющая фитопланктон, тем не менее стремилась к свету. Однако так она реагировала весной и летом, а в октябре все было наоборот. Как мы и ожидали, ни «голодовка», ни «затемнение» не повлияли на реакции рачков. Значит, ойтона различает свет, но тьма ее не отпугивает. Разгадка кроется в том, что ойтона ест то, что не переварили другие рачки, — их пеллеты. По сути, этот рачок — копрофаг, и в морской экосистеме отчасти выполняет ту же

роль, что в наземных сообществах играют жуки-навозники. Поэтому для ойтоны свет тоже означает наличие пищи, но поскольку пеллеты копепоид верхних слоев постепенно опускаются на дно и их можно найти во всей водной толще, этот рачок менее светозависим.

Осенью в Белом море активна только метридия (*Metridia longa*), она начинает подниматься к поверхности в темное время суток. Метридия может хищничать, поедая более мелких рачков, а ойтона по размерам подходит в качестве ее жертвы, и активно поедается. Кроме того, метридия с удовольствием потребляет фитопланктон, нужный ей для успешного размножения [14], и «не брезгает» даже динофлагеллятами, которые массово появляются в планктоне именно в осенний период. Наверное поэтому осенью, когда фотический слой уже холод-

ный, фитопланктона не очень много и он «невкусен» для других видов копепоид, метридия движется к свету — в этот период он служит для нее «индикатором» пищи. Но для ойтоны свет означает присутствие метридии, которая ею питается. Кроме того, в октябре в верхнем слое воды практически нет пеллет — пищи ойтоны, производит их там только ее враг метридия. Поэтому для ойтоны свет осенью начинает означать одновременно отсутствие пищи и присутствие хищника. Тогда логично, что естественный отбор закрепил у ойтоны положительный фототаксис полярным днем и отрицательный — ближе к полярной ночи.

Осенью boreальные виды копепоид — акартия (*Acartia* spp.), центропагес (*Centropages bama-tus*) и темора (*Temora longicornis*) — исчезают из планктона из-за снижения температуры

воды и изменения количества и состава пищи, формируют покоящиеся яйца, которые погружаются на дно и «спят» там до весны.

Такие арктические виды фитофаги, как калянус (*Calanus glacialis*) и его «мелкий родственник» псевдокалянус (*Pseudocalanus* spp.) к этому времени тоже впадают в зимнюю спячку, но на стадии рачка, а не покоящегося яйца. Все лето они копят жир в специальном мешочке (жировой капле) внутри тела, а зимой расходуют запасенную энергию. Весной эти виды «просыпаются», начинают активно питаться и размножаются — ведь уже появился фитопланктон. Крупный вид копепода — калянус — стремится к свету весной. Но вот что интересно: самки этого вида, которые уже отметали яйца и тем самым «исполнили свой долг» перед видом, равнодушны к свету, как следует из экспериментальных результатов. Поздним летом калянус избегает света, и это легко объяснимо — ведь летом для него в фотическом слое чересчур «жарко». Если рачков не кормить или держать в темноте, они гораздо активнее стремятся к свету.

А с псевдокалянусом все не так просто. Весной только науплиев этого рачка привлекает свет, а более взрослые животные и весной, и летом относятся к нему по-разному: одни избегают, других, наоборот, он влечет. С чем это связано, пока не совсем понятно. Возможно, в Белом море существуют два вида псевдокалянуса, и один из них более теплолюбивый. Летом в фотическом слое обнаруживают некоторое количество рачков этого вида, хотя и несравнимо меньшее, чем в холодных водах на глубине.

Примечательно, что рачки с положительным фототаксисом крайне зависят от наличия пищи и светового режима. Животные же, избегающие света, в основном безразличны к любым изменениям условий и даже

к отсутствию пищи, поскольку все они несут в липидной капле запас жира, гораздо больший, чем их «светолюбивые» собратья. Осенью все рачки стремятся уйти от света точно так же, как калянус.

Но что же происходит летом в фотическом слое, где много пищи и много света? Ответ дают результаты исследований, проведенных Д.М.Мартыновой и И.П.Кутчевой из Зоологического института РАН и А.В.Вакатовым из Казанского государственного университета. Оказывается, суточное вертикальное распределение беломорских копепода рода *Acartia*, населяющих фотический слой в теплый период года, тесно связано с ритмикой их питания. Она же обусловлена различной концентрацией пищи (фитопланктона) в разных слоях воды и... уровнем освещенности.

Наибольшую активность в потреблении фитопланктона проявляют животные в верхних слоях воды при сумеречном (т.е. ослабленном) освещении, как вечернем, так и утреннем. Можно, конечно, предположить, что в таких условиях у всех рачков должен быть положительный фототаксис. У ветвистоусых рачков эвадне (*Evadne nordmanni*) так и было. Упомянутых уже веслоногих рачков — акартию, центропагеса и темору — тоже привлекал свет, и тем сильнее, чем дольше их лишали пищи или держали в темноте. Тем не менее имелись исключения из общего правила. Стремление к свету было присуще науплиям и неполовозрелым рачкам, в то время как взрослые самки и самцы теморы и центропагеса избегали его и кормились ночью интенсивнее, чем днем. В чем же причина?

Однозначного ответа у нас нет, но есть предположения. Рачки обитают в довольно «стесненных» условиях — толща теплого фотического слоя составляет всего 15—20 м, и довольно очевидно, что здесь весьма высокая степень внутривидовой

конкуренции. В природе не редкость, когда при слишком высокой плотности популяции вида животные вынуждены конкурировать друг с другом за пищевые или иные ресурсы. Вполне вероятно, что в наших экспериментах взрослые рачки покидали освещенную зону, чтобы «освободить» на время слой, богатый пищей, для своих «детей»*.

Возможно и другое предположение. Не исключено, что ультрафиолетовое излучение может губительно действовать на яйца (у самок) и сперматеки (у самцов) в прозрачном теле рачков. Уходя во тьму, они таким образом защищают будущее потомство. Пока не ясно, почему же тогда акартия не реагирует на свет подобным образом. Привлекательно, конечно, связать летнее поведение теморы и центропагеса с заботой о потомстве. Но они и осенью ведут себя так же. Может быть, у этих видов взрослые особи обоего пола хуже, чем «дети», переносят перегрев даже в пострепродуктивный период? Ведь перегрев и высокая плотность популяции неизбежно приводят к недостатку кислорода.

Итак, животные изученных нами видов и стадий их развития реагируют на свет разных длин волн весьма неодинаково. Привлекательность красной и желтой частей спектра можно объяснить стремлением рачков (преимущественных фитофагов) занять фотический слой воды, где сосредоточено до 95% всего фитопланктона — их пищи. Те же рачки избегают этого слоя, когда наступает период онтогенетической диапаузы, которую арктические виды обычно проводят в афотическом слое. Положительная реакция фитофага псевдокалянуса и эврифага акартии на жесткие волны УФ-спектра, особенно после голодания, кажется парадоксальной —

* О способности взрослых сообщать потомкам и соседям об условиях жизни см.: Воронежская Е.Е., Незлин Л.П., Хабарова М.Ю. Что говорят улитки своим личинкам? // Природа. 2008. №2. С.14—22.

ведь ультрафиолет губителен. Но для этих видов голод, побуждающий получить достаточное количество пищи для размножения и продолжения вида, видимо, пересиливает опасность [15].

* * *

Попробуем обобщить. Хотя и нет «единого рецепта» светового отклика зоопланктона, все же у большинства фитофагов фототаксис оказался положительным (еще раз повторимся: мы исследовали не яркий свет максимальной интенсивности, как другие авторы, а ослабленный, как в среде обитания рачков). Конечно, не обходится без исключений, но они зависят от биологических особенностей вида. На первый взгляд это может показаться странным. Если судить по ритмике питания и суточным вертикальным миграциям, большинство видов

предпочитают находиться у поверхности как раз в темное время суток. А фототаксис у них положительный. Как объяснить это противоречие? Наверное, разгадка кроется в следующем: свету нужно время, чтобы проникнуть на глубину, где обитают рачки, а им нужно время, чтобы подняться вверх (сила света в нашем эксперименте была приближенной к глубинам наибольшей концентрации пищи). На максимальную глубину свет проникает в полдень, потом слабеет, и рачки устремляются вверх — туда, где можно найти еду без риска быть поврежденными УФ-излучением и где их могут съесть хищники. Поднимаются рачки к поверхности уже вечером или ближе к ночи. Утром, когда свет начинает проникать в воду и уровень ультрафиолета становится губительным, рачки убегают на

глубину, где оказываются в безопасности. Затем все повторяется. Конечно, на действие такой схемы накладывают ограничения многие факторы, и в большей степени — температура и фаза жизненного цикла. Но главное, рачки, вероятно, могут различать не только свет и тьму, но и силу света, а возможно, и волны разных частот. Благодаря «цветному» зрению и сложному комплексу поведенческих реакций рачки ориентируются как на интенсивность освещения и длину волны, так и на свои физиологические потребности. Эти существа «умеют сопоставить» возможные риски от хищников, окислительных процессов и перегрева с выгодами от фитопланктона или пеллет. Иначе говоря, видимо, поведенческие реакции рачков намного сложнее, чем предполагалось ранее. ■

Литература

1. Hansson L.-A., Becares E., Fernandez-Alanez M. et al. // *Oikos*. 2007. V.116. P.585—591.
2. Wald G., Krainin J.M. // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1963. V.50. №6. P.1011—1017.
3. Voe R.D.de // *J. Gen. Physiol.* 1975. V.66. P.193—207.
4. Kitamoto J., Ozaki K., Arikawa K. // *J. Exp. Biol.* 2000. V.203. P.2887—2894.
5. Martin G.G., Speckmann C., Beidler S. // *Invertebrate Biology*. 2000. V.119. P.110—124.
6. Irigoien X., Conway D.V.P., Harris R.P. // *Marine Ecology Progress Series*. 2004. V.267. P.85—97.
7. Fischer J.M., Nicolai J.L., Williamson C.E. et al. // *Hydrobiologia*. 2006. V.563. P.217—224.
8. Rbode S.C., Pawlowski M., Tollrian R. // *Nature*. 2001. V.412. №6842. P.69—72.
9. Zagarese H.E., Williamson C.E., Vail T.L. et al. // *Freshwater Biology*. 1997. V.37. P.99—106.
10. Богоров В.Г. // *Тр. Ин-та океанол.* 1946. Т.1. С.151—156.
11. Перцова Н.М. // *Материалы Второй научной конф. ББС МГУ им.Н.А.Перцова*. М., 1997. С.57, 58.
12. Blachowiak-Samolyk K., Kwasniewski S., Richardson K. et al. // *Marine Ecology Progress Series*. 2006. V.308. P.101—116.
13. Буренков В.И., Вазюля С.В., Копелевич О.В., Шеберстов С.В. // *Океанология*. 2004. Т.44. С.507—515.
14. Halsband-Lenk C. // *Progress in Oceanography*. 2005. V.67. P.422—441.
15. Martynova D.M., Gordeeva A.V. // *J. of Plankton Research*. 2009 (accepted).

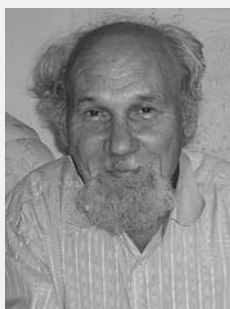
Спирали в углях и битумах

В.Г.Колокольцев, А.И.Кудаманов, К.Г.Скачек, И.Б.Волкова

Закручивание по спирали — одно из удивительнейших свойств окружающего нас мира. Оно обнаруживается практически на всех уровнях организации материи: от двойной спирали молекулы ДНК до спиральных галактик, в одной из множества которых приютилась земная цивилизация. Спиралью закручиваются раковины беспозвоночных, по спирали размещаются семена подсолнечника, по спирали плетет паутину паук, спиралью смотрится атмосферное чудовище нашей планеты — смерч.

Мы выносим на суд читателя результаты изучения одной спиральной системы, впервые обнаруженной в каустобиолитах — горючих ископаемых, представляющих собой богатые органическим веществом горные породы и соединения как угольного, так и нефтяного рядов.

В мезозойских отложениях Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна мы встретили высокоуглеродистые образования со специфическими структурно-вещественными неоднородностями двух морфологических типов. Аналоги одного из них известны в угольной геологии как глазковые отдельности. Сведения о них можно найти в классической монографии 1960 г. Ю.А.Жемчужникова и А.И.Гинзбурга [1]. Что же касается второго типа неоднородностей, имеющих форму правильных уплощенных спиралей, то их описания мы вообще не смогли найти в литературе и это дает основание пола-



Вячеслав Григорьевич Колокольцев, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского геологического института им.А.П.Карпинского. Область научных интересов — флюидно-метасоматические процессы в осадочных толщах и их роль в формировании месторождений нефти и газа. Отличник разведки недр (2001).



Александр Иванович Кудаманов, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель начальника отдела камеральной обработки ООО «КогалымНИПИ-нефть». Специалист в области литогенеза осадочного чехла Западно-Сибирской плиты и фациальных реконструкций палеоландшафтов.



Константин Геннадиевич Скачек, кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела лицензирования и геологоразведочных работ Территориального производственного предприятия «Когалымнефтегаз ООО «Лукойл — Западная Сибирь». Специалист в области поисков и разведки месторождений нефти и газа, подсчета запасов сырья, моделирования нефтяных месторождений.



Идея Бекджановна Волкова, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Всероссийского геологического института им.А.П.Карпинского. Круг научных интересов охватывает проблемы петрологии углей и горючих сланцев. Отличник разведки недр (1989).

© Колокольцев В.Г., Кудаманов А.И., Скачек К.Г., Волкова И.Б., 2009

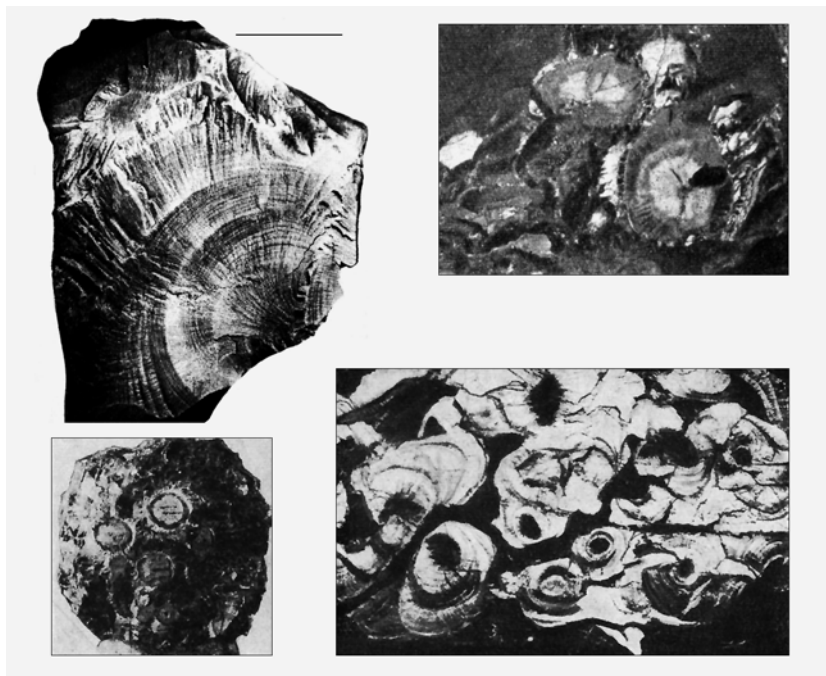


Рис.2. Глазковая отдельность в антраксолите Онежского синклинория (месторождение Шуньга) [2].

Рис.1. Глазковые образования в ископаемых углях [1].

гать, что они до сих пор неизвестны геологам. Отсюда понятно наше желание рассказать любителям природы о полученных результатах.

Что известно о глазковых образованиях в углях

Поверхность скола ископаемых углей иногда имеет своеобразный рельеф, ассоциирующийся с рассеянными на плоскости глазками. Такую отдельность классики угольной геологии и назвали глазковой [1]. Форма глазков круглая, эллиптическая и существенно отклоняющаяся от геометрически правильной (рис.1). Судя по литературным материалам и музейным экспонатам, размер поперечного сечения глазков варьирует от долей миллиметра до дециметров.

Глазковая отдельность чаще встречается в витреновых углях (с блестящими прослоями, состоящими из гелифицированного вещества), но обнаруживается и в других их разновидностях. В одной из витрин Центрального научно-исследовательского геолого-разведочного музея во Всероссийском геологическом

институте (ВСЕГЕИ) красуются сапропелевые угли — богхеды с дециметровыми «глазщами» (рис.2). При характеристике таких неоднородностей в угольной геологии нередко используется термин «раковистый излом». В музейном образце просматривается очень сложная скульптура поверхности скола угля. Центральный геометрически правильный круг окаймляется рельефно выделяющимся валиком, и этот валик закручивается в спираль, которая распро-

страняется почти на всю площадь штупа. Мы благодарны директору музея А.Р.Соколову и хранителю Т.И.Аверкиевой за предоставленную возможность работать с коллекциями.

Сходный характер излома наблюдается не только в углях фанерозоя, но и в твердых битумах нижнепротерозойских шунгитоносных пород в Карелии, в пределах Онежского синклинория (рис.3). Там подобную отдельность в антраксолите именуют раковистым изломом в ви-

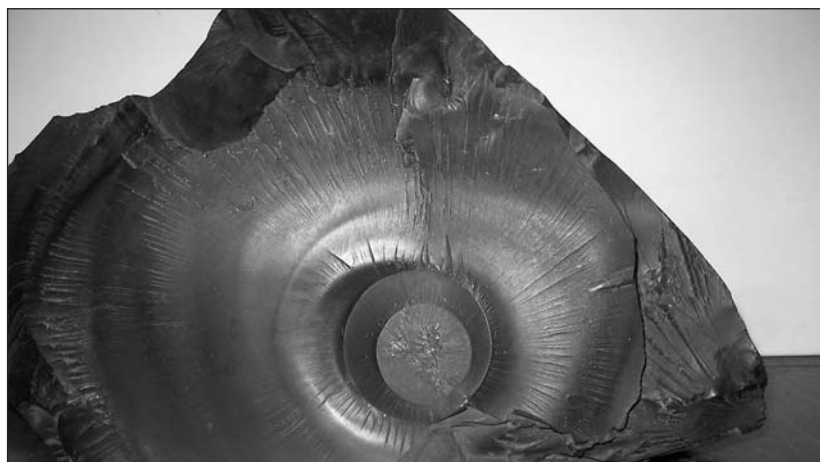


Рис.3. Глазковое образование в сапропелевом угле — богхедде. Из коллекции Центрального геологоразведочного музея ВСЕГЕИ. Длина образца 20 см.

де концентрических кругов [2].

Жемчужников и Гинзбург заметили, что размещение глазков в углях контролируется одной или двумя системами параллельных трещин. По их мнению, глазки — своеобразные поверхности раскалывания весьма однородного угольного вещества. «При этом имеют место явления аналогичные происходящим при отрывании кусков вара или полутвердой смолы» [1. С.50]. В соответствии с изложенной версией авторы считают, что глазки — производные тектонических напряжений и образуются в зонах растяжения в исключительно однородном угле.

Насколько нам известно, после работ Жемчужникова и Гинзбурга глазковые образования пристального внимания естествоиспытателей не привлекали.

Что можно еще сказать про глазковые образования

Проведенное нами макроскопическое исследование штуффов угля подтверждает, что глазковые образования характеризуются круглыми и эллиптическими формами, но при очень внимательном осмотре образцов в них обнаруживаются и спиралевидные структуры. Круги и эллипсы, фиксируемые на плоских сколах, в трехмерном пространстве соответствуют шарам и трехосным эллипсоидам. Такие формы характерны для широко распространенных в различных породах и рудах структурно-вещественных неоднородностей, называемых оолитами и пизолитами. Они имеют ярко выраженное концентрически зональное строение. Нетрудно представить, что глазки в углях — их аналоги, сложенные черным макроскопически однородным, но в действительности не одинаковым по составу углистым материалом. Косвенное подтверждение предложенной нами версии — оолитоподобные образования в шунгито-

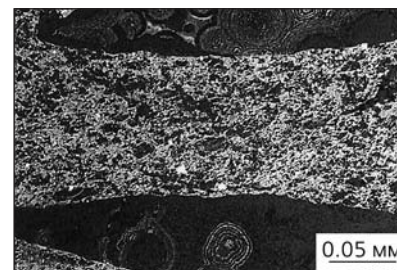
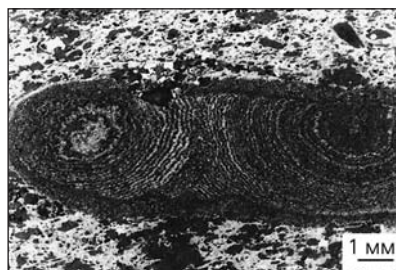


Рис.4. Оолитоподобные образованиями кварц-углеродистого состава в шунгитоносных породах Онежского синклиория (Максовское месторождение) [2].

носных породах Карелии. В шлифах (рис.4) в черном углеродистом веществе — антраксолите контрастно выделяются светлые пятна, сложенные кварцем. Диаметр этих кварц-углеродистых оолитов варьирует от сотых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Мы стараемся показать, что глазковые образования в каустобиолитах хранят обширную информацию о происходивших в недрах процессах, и лишь незначительную ее долю нам удалось прочесть с помощью довольно простых инструментов.

Глазковые образования в угле васюганской свиты. В Западной Сибири угли с глазковой отдельностью обнаружены в разрезе васюганской свиты. В общей стратиграфической шкале она охватывает келловейский ярус среднего отдела и оксфордский ярус верхнего отдела юрской системы. На площади одного из нефтяных месторождений в Широтном Приобье разведочная скважина на глубине 3069.5—3077.0 м вскрыла пачку переслаивающихся серых алевролитов и светло-серых тонкозернистых песчаников. На глубине 3069.9 м среди светло-серых алевролитов залегал прослой (0.1 м) темно-серых углистых алевролитов с тонкими (3—8 мм) слоечками блестящего витренового угля (рис.5,а). В подстилающих породах встречаются субвертикальные нитевидные углистые включения, похожие на корневую систему древних растений.

В послыном сколе штуфа витренового угля, сохранившего крупные углефицированные фрагменты листьев юрской растительности, широко развиты глазковые (рис.5,б,в) образования в виде кругов диаметром до 6—7 мм с рельефно выделяющимися концентрическими неровностями. Круги отделены друг от друга кривыми и прямолинейными микротрещинами. Световые блики, создавая оптический шум, не позволяют рассмотреть тонкие детали поверхностной скульптуры излома. Однако палеонтологи давно научились избавляться от световых бликов напылением на поверхность фоссилий окиси магния. После такой обработки глазков в них отчетливо проявились не только круговые, но и спиральные узоры (рис.5,г). Спирали интересны тем, что имеют по два, иногда по три плотно закрученных «рукава».

В аншлифе, взятом из зоны контакта угольного прослойка с подстилающим углистым алевролитом, в УФ-излучении наблюдалась слабая коричневатокрасная люминесценция, характерная для витринита (рис.б). Такой же характер люминесценции имеет и растительный детрит в подстилающем алевролите. Но в последнем кроме гелифицированного детрита довольно широко развиты и петлеобразные нитевидные включения, люминесцирующие беловато-зеленовато-желтым цветом. Такие нити устойчиво локализуются на границах зерен

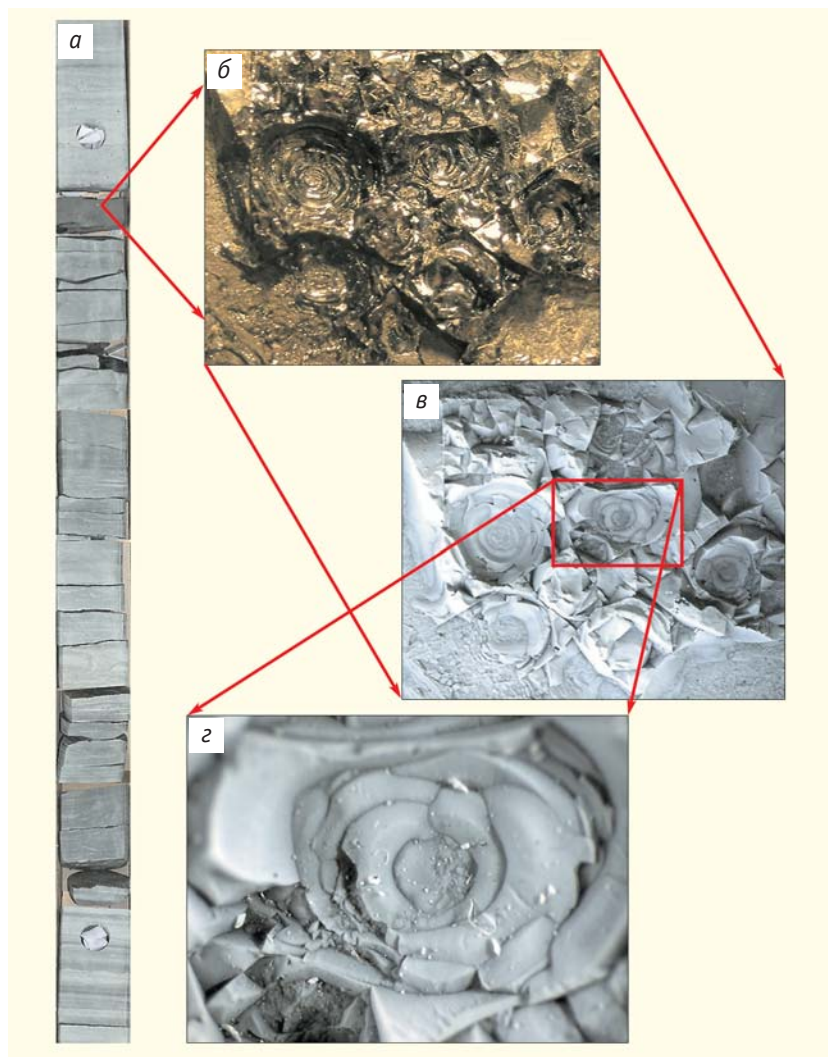


Рис.5. Глазковые образования в угле васюганской свиты: *a* — положение прослоя углистых пород в разрезе; *б* — глазки в плоскости наслоения блестящего витренового угля; *в* — то же, но после напыления оксида магния; *z* — спиралевидный глазок. Западная Сибирь, скважина 150, глубина 3069.9 м.

с контрастно отличающейся прочностью и связаны с микро-трещиноватостью. Скорее всего, они заполняют флюидопродвижающие микротрещины в породе и имеют битумную природу.

В отраженных же электронах лучше проявлена структура алевролита. Минеральные обломки в нем представлены калиевыми полевыми шпатами, кислыми плагиоклазами и в подчиненном количестве кварцем и вулканическими породами. Кроме того, в алевролите встречены редкоземельные фосфаты и кристаллики рутила.

С помощью микроанализатора определен полуколичественный химический состав угольного вещества (масс.%): С — 56.68, О — 7.06, S — 0.69, Ti — 0.47. Сумма этих компонентов не превышает 65%. Ее дефицит объясняется неточностью анализа и отчасти отсутствием данных по легким элементам (водороду, азоту и др.), которые не поддаются определению этим методом.

Спирали в битуме баже-новской свиты. Она представляет собой волжский ярус верхнего отдела юрской системы и привлекает повышенное внимание геологов по многим причинам. Во-первых, слагающие ее углеродисто-слюдистые сланцы в одних случаях демонстрируют свойства флюидоупора, защищая залежи углеводородов от разрушения, а в других геологи-

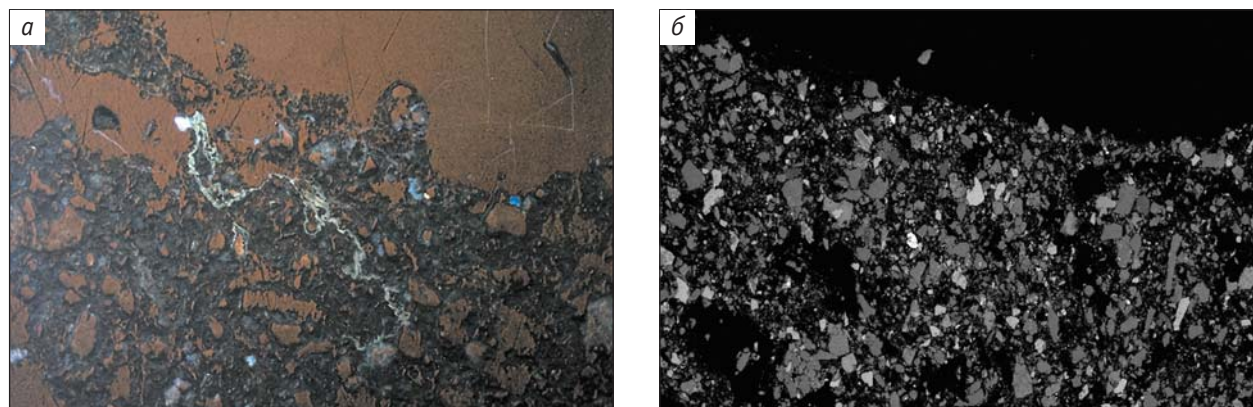


Рис.6. Зона контакта глазкового угля (1) с подстилающим углистым алевролитом (2): *a* — в УФ-лучах видны петлеобразные нитевидные включения битумной природы в алевролите; *б* — изображение в отраженных электронах. Западная Сибирь, скважина 150, глубина 3069.9 м. Увел. 70.

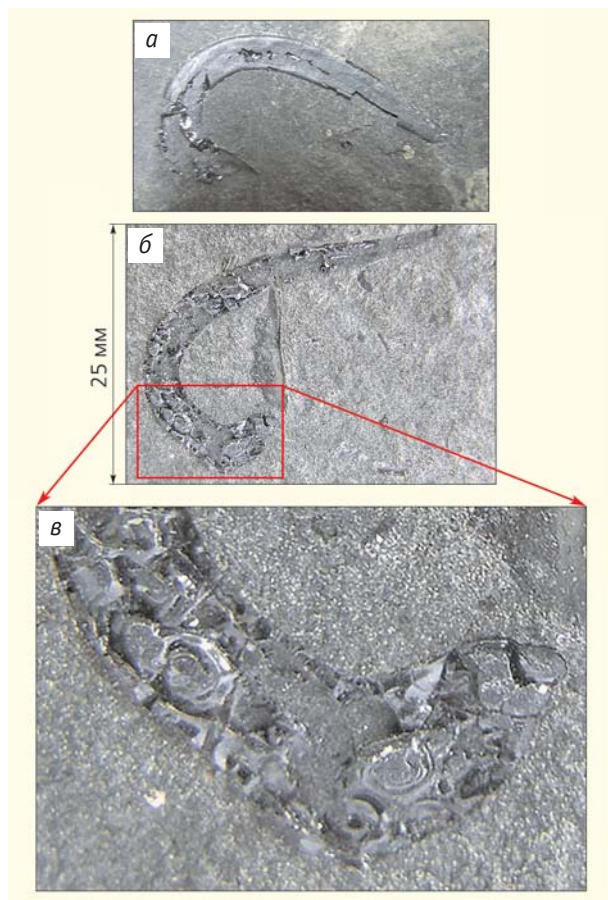


Рис.7. Битумные онихиты в углеродисто-слистистых сланцах баженовской свиты: *а* — гладкая поверхность онихита; *б* — глазковая отдельность битума, слагающего биоморфозу; *в* — деталь скола с глазковой отдельностью. Месторождение Дружное, скважина 161р, глубина 2856.0 м.

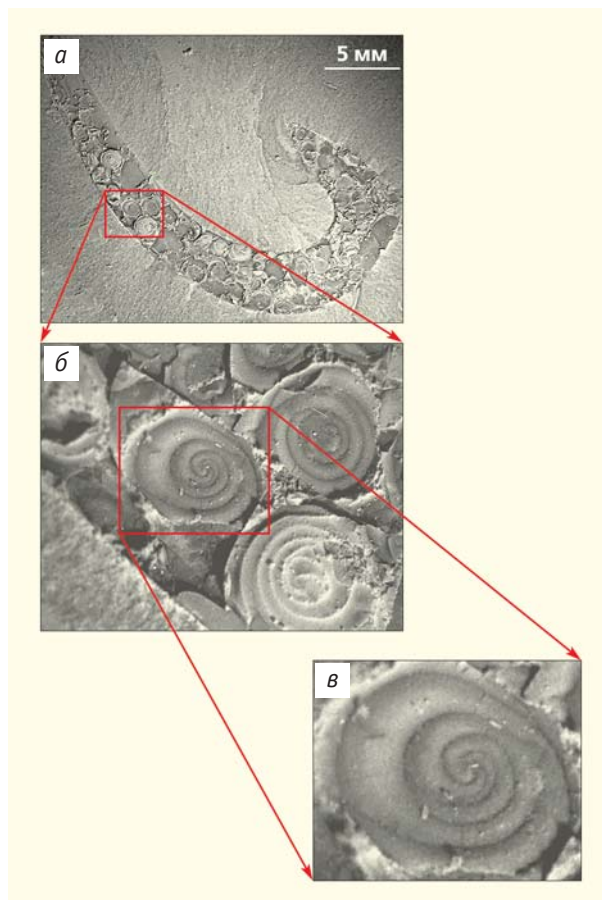


Рис.8. Спиральный орнамент в битумной зооморфозе, проявившийся после напыления оксидом магния: *а* — скол битумного онихита; *б* — деталь скола со спиральями; *в* — спираль с двумя ветвями. Скважина 308р, глубина 2926.9 м.

ческих обстановках вмещают уникальные нефтяные залежи, тем самым показывая полярно противоположные (коллекторские) качества. Во-вторых, по убеждению большинства геологов, углеродистое вещество этой свиты служило исходным материалом для углеводородных флюидов, формирующих нефтегазовые месторождения Западной Сибири. Но некоторые специалисты, напротив, небезосновательно считают, что сами высокоуглеродистые породы баженовской свиты образовались без участия углеродсодержащих флюидов. Поэтому исследованиям баженовской свиты посвящены многие сотни статей и десятки монографий. И по мере изу-

чения строения и вещественного состава обнаруживаются все новые и новые загадки баженовской свиты. Одной из них мы и поделимся с читателями.

Кроется она в одной малоприметной детали. В углеродисто-слистистых сланцах баженовской свиты довольно часто обнаруживаются онихиты — крючки, размещавшиеся на щупальцах древних головоногих (скорее всего, белемнитов), арагонит-кальцитовые ростры которых часто присутствуют в позднеюрских породах. Размеры крючков, рассеянных в баженовских сланцах, изменяются от нескольких миллиметров до 5—5.5 см. В баженовской свите мы видели крючки, всегда выполненные

твердым битумом. Подобные скелетные элементы (крючья и клювы) живых головоногих сложены хитин-протеиновым комплексом. Наши крючки, по существу, представляют собой битумные зооморфозы по хитин-протеиновым скелетным остаткам. Они обладают гладкой или слегка шероховатой поверхностью (рис.7,*а*). В продольных сколах битумных зооморфоз нередко обнаруживаются образования, похожие на глазки (рис.7,*б,в*). Первое изображение подобного орнамента в битумном онихите было приведено в коллективной монографии в 1986 г. [3. С.157, 202], в которой они именуются «круглыми асфальтовыми образованиями вну-

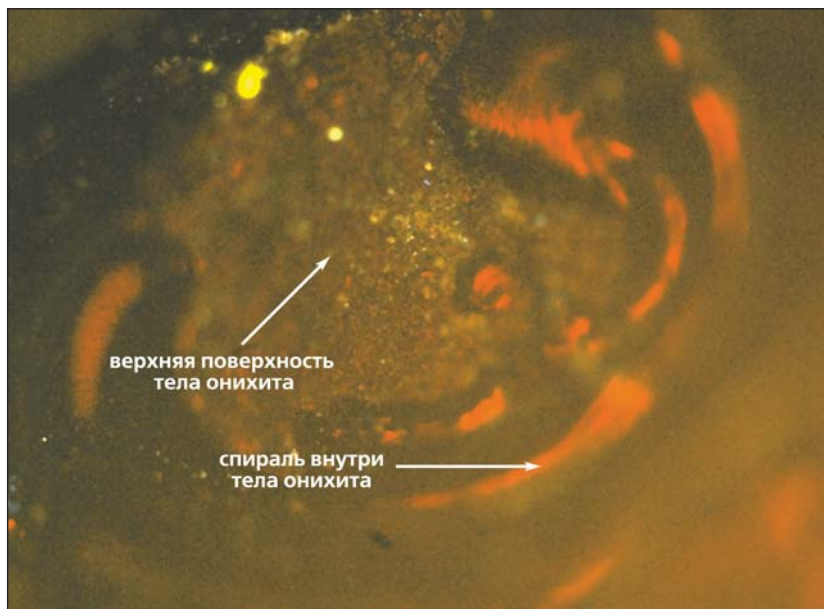


Рис.9. Неоднородность спирали в отраженных УФ-лучах. Длина поля 1.2 мм.

три полости оникситес». Эти образования диаметром от долей до 3—3.5 мм аналогичны тем, которые описал Жемчужников. Но когда мы покрыли поверхность скола оксидом магния, то обнаружили более сложную морфологию глазков. На рис.8 видно, что они имеют форму

спиралей. Каждая же спираль состоит из двух или трех плотно закрученных «рукавов». Примечательно и то, что довольно плотно упакованные плоские спиральи отделены друг от друга трещинками. Микронзондовым анализатором определен следующий химический состав (сред-

неарифметическое по 12 определениям, масс.%) битума со спиралевидными неоднородностями: С — 72.36; О — 7.74; S — 3.42; Cl — 0.23; Ti — 1.45; V — 0.24. Сумма 85.49%. Битум, выполняющий зооморфозу, по элементному составу существенно отличается от угля из васюганской свиты. Он характеризуется более высокими концентрациями углерода (на 15%), серы (почти в пять раз), титана (в пять раз), а также устойчивым присутствием ванадия и хлора, концентрации которых в углях находятся ниже порога чувствительности использованного метода.

В УФ-излучении спирали показывают неоднородную люминесценцию в коричневато-красных тонах (рис.9). В отраженных ультрафиолетовых лучах при большом увеличении проявляется еще одно важное свойство — основной виток осложнен структурой следующего ранга (рис.10), обнаруживая признаки самоподобия. На эти элементы фрактальности изучаемых спиралей обратим особое внимание и к ним еще вернемся.

Генезис спиралей в каустобиолитах

Глядя на рис.8, трудно освободиться от ощущения принадлежности спиралей к биогенным образованиям. На первый взгляд их можно даже ошибочно принять за раковины некоторых фораминифер. Потому к их изучению были привлечены специалисты по юрской биоте и зоологии, изучающие современных головоногих. Мы признательны В.А.Бизикову из Всесоюзного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Москва) и В.А.Басову из ВНИИОкеангеологии (Санкт-Петербург) за помощь в интерпретации и ценные советы при обсуждении материалов.

Имеющиеся материалы не оставляют сомнений в том, что спирали находятся не на поверхности ониксита, а внутри

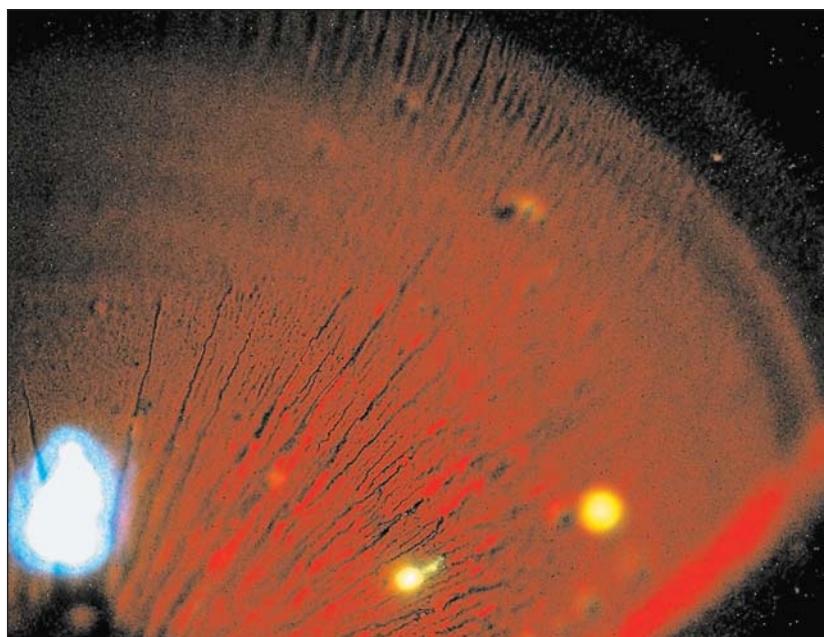


Рис.10. Концентрическая и радиальная неоднородности в витке спирали, проявленные в УФ-лучах. Длина поля 0.24 мм.

его тела. На рис.9 приведен онихит с неровным сколом, в котором хорошо видна локализация спиралей под поверхностью битумной зооморфозы. О том же свидетельствуют и наблюдения авторов коллективной монографии, утверждающих, что подобные образования находятся внутри [3]. Отсюда следует, что спиральи не могут принадлежать любым бентосным организмам, поселяющимся на поверхности твердого субстрата, которым могли служить упавшие на дно крючки умерших головоногих. Не оставлены без внимания и другие биогенные версии: спиральи как вероятные домики паразитирующих организмов или спиральи как структурная особенность живых тканей древних головоногих. После того как биологи отвергли и эти версии, мы были вынуждены обратиться к обсуждению абиогенной модели формирования спиралей.

На шести керновых образцах определена довольно устойчивая положительная корреляционная связь максимальных диаметров кругов и спиралей с толщиной крючка, выполненного высокоуглеродистым веществом. При толщине битуминизированного онихита менее 0.5 мм диаметр спиралей не превышает 1 мм, при толщине около 1 мм максимальный внешний диаметр плоских спиралей достигает 1.5–2.0 мм, а в образце крупного онихита, длина которого составляет 5.5 см, а толщина — около 2.5 мм, внешний диаметр спиралей равен 3–3.5 мм. В прослойке угля от 3 до 3.5 мм максимальный диаметр кругов и спиралей возрастает до 6–7 мм.

Устойчивая положительная корреляция диаметров кругов и спиралей с толщиной вмещающего их высокоуглеродистого тела свидетельствует о тесной генетической связи размера спиральи с какими-то свойствами вещества, из которого они состоят. Поэтому следующей нашей задачей стал поиск таких свойств вещества ископаемых онихитов.

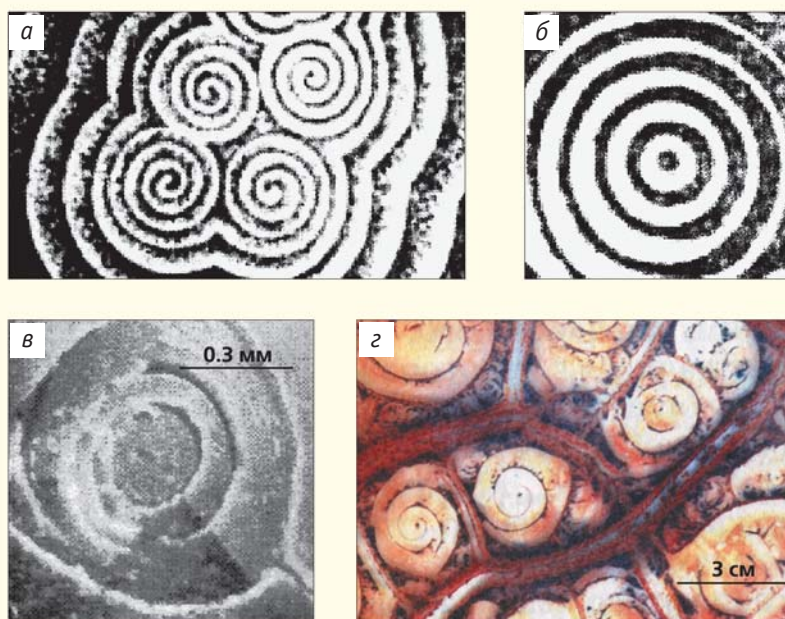


Рис.11. Спиральные (а) и concentрические (б) узоры волн в химической реакции Белоусова-Жаботинского и спиральные системы [б] в оксигидратных гелях (в, г).

В 2009 г. три испанских кристаллографа из Австралийского университета экспериментально получили кристаллические структуры, которые, если использовать биологический термин, мимикрируют под биоморфы [4]. Экспериментируя с растворами карбонатов и силикатов, они показали, что причина возникновения самоорганизующихся кристаллических систем, имитирующих биогенные флуктуации pH раствора на границе с растущим твердым кристаллом. Открытие сотрудников Австралийского университета не дает ответа на решаемую нами природную загадку, но показывает направление дальнейшего поиска.

В качестве классических примеров самоорганизующихся структур обычно приводят гидродинамическую (вихри Бенара) и химическую (реакцию Белоусова—Жаботинского). Их изучению посвящены тысячи статей. Волновой рисунок химической реакции Белоусова—Жаботинского, который обус-

ловлен колебательным изменением концентраций меняющего валентность катализатора, имеет разнообразные конфигурации, включая спиральи и concentрические круги (рис.11,а,б). Это наводит на мысль о возможной принадлежности изучаемых спиралей в каустобиолитах к бывшим флуктуирующим диссипативным системам, волновой рисунок которых оказался «записанным» на страницах геологической летописи. Мы вплотную приблизились к разгадке тайны наших спиралей.

В теории углеобразования важная роль отводится концепции гелификации — обязательного промежуточного процесса углеобразования, который трансформирует растительное вещество в гель. Или, как сказано в «Геологическом словаре», это «процесс остуднения лигнино-целлюлозных тканей растений, приводящий в пределе к их превращению в бесструктурное коллоидное вещество — гель» [5]. Иными словами, для разгадки тайны спиралей целесообразно обратиться к со-

временным достижениям в области коллоидной химии. Скорее всего, здесь может находиться ключ к пониманию природы спиралей в каустобиолитах.

В связи с обострением экологических проблем сейчас интенсивно ведутся работы по изучению гелей с целью их использования для очистки воды от токсических веществ. В качестве сорбентов широко используются оксигидратные гели, представляющие собой нерастворимые соединения — оксигидраты переходных элементов: циркония, ниобия, иттрия, железа, редкоземельных элементов и др. Всего лишь несколько лет назад профессор Челябинского (ныне Южно-Уральского) государственного университета Ю.И. Сухарев открыл, что эволюционные процессы в этих гелях имеют автоволновой характер, напоминающий автоколебания в реакции Белоусова—Жаботинского, но механизм автоколебаний в них иной [6].

Для решения нашей задачи важно то, что протекающие по автоволновому механизму процессы структурообразования в оксигидратных гелях приводят к формированию трех типов структур: спиралевидных, сферических и кристаллитных. Если в геле энергия водородной связи на равновесном расстоянии составляет 0.1—0.3 от энергии кулоновских взаимодействий, то происходит образование спиральных структур. При понижении этого соотношения возникают сферические структуры, а его повышение обеспечивает образование упорядоченных структур кристаллитного типа [6]. Приготовив гель ок-

сигидрата иттрия осаждением аммиаком нитрата иттрия, Сухарев с помощниками наблюдали самопроизвольно образующиеся спиралевидные структуры в процессе медленной сушки.

При формировании оксигидратных гелей возникают эффекты дилатансии, происходит электрофоретическое распределение гелевых частиц. Кроме того на структуру геля влияют электрические и магнитные поля. В многочисленных экспериментах, меняя те или иные характеристики среды, Сухарев добивался направленного структурирования геля. В результате он получал спирали с разными свойствами и различного диаметра, от видимых под электронным микроскопом до наблюдаемых невооруженным глазом (рис. 11). На огромном экспериментальном материале этот исследователь установил даже зависимость шага спирали от pH среды. В гелях, синтезированных в щелочной среде (pH = 10.15), шаг спирали меньше, чем в кислой, что находит свое объяснение в фундаментальных свойствах коллоидов.

Сухарев подчеркивает фрактальность спиралевидных структур в оксигидратных гелях: спираль состоит из более мелких спиралей, которые, в свою очередь, сложены еще более мелкими спиралевидными частицами. Это свойство структурообразующих компонентов в оксигидратных гелях перекликается с отмеченными в предыдущем разделе элементами самоподобия и в изучаемых нами спиралах.

Волновой характер эволюционных процессов пока что

наиболее изучен в оксигидратных гелях. К сожалению, мы не нашли подобных исследований в области органических гелей, но открытые Сухаревым нелинейные системы скорее всего могут характеризовать не только оксигидратные, но и любые другие гели, в том числе и органические.

* * *

Спирали в каустобиолитах — это запечатленные на страницах геологической летописи диссипативные пространственно-временные структуры, эволюционировавшие в далеком прошлом в процессе структурообразования органических гелей. Не исключено, что такие структурные неоднородности геля ответственны за появление глазковых образований при расколе каустобиолитов. Они же обуславливают морфологически сходный излом «при отрывании кусков вара или полутвердой смолы», на который указывают Жемчужников и Гинзбург. Парагенетическая связь глазков с системами трещин никак не противоречит предлагаемой генетической модели. Дело в том, что трещины образуются не только при тектонических напряжениях. Они возникают и по причине синерезиса — самопроизвольного уменьшения объема геля при его старении. Поскольку морфологические особенности глазков зависят от свойств геля, в котором они рождаются, то изучение этих неоднородностей, включая морфологические характеристики, сулит получение новых знаний об условиях формирования каустобиолитов. ■

Литература

1. Жемчужников Ю.А., Гинзбург А.И. Основы петрологии углей. М., 1960.
2. Атлас текстур и структур шунгитоносных пород Онежского синклинория. Карельский НЦ РАН. Петрозаводск, 2006.
3. Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск, 1986.
4. Garcia-Ruiz J.M., Melero-Garcia E., Hyde S.T. // Science. 2009. V.323. P.362—365.
5. Геологический словарь. М., 1973. Т.1.
6. Сухарев Ю.И., Марков Б.А. Нелинейность гелевых оксигидратных систем. Екатеринбург, 2005.

На водосборе реки Черек–Безенгийский

Ф.А.Атабиева,

кандидат химических наук

М.А.Газаев,

доктор химических наук

Л.З.Жинжакова

Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник

Покрытые ледниками горные районы — важный источник и хранилище пресных вод на Земле. На территории созданного в 1976 г. Кабардино-Балкарского государственного высокогорного заповедника площадью 53,3 тыс. га формируются реки, водосборы которых изучаются несколько десятилетий.

© Атабиева Ф.А., Газаев М.А.,
Жинжакова Л.З., 2009

Территория заповедника расположена в наиболее приподнятой части Большого Кавказа, где находятся все пятитысячники Северного Кавказа, за исключением Эльбруса и Казбека. Самая высокая точка, Дыхтау, — 5204 м, а самая низкая — 1800 м над ур.м. Здесь крупнейшие ледники Кавказа и Европы — Безенги, Дых-Суу, Цаннер, Шаурту, Шхара — составляют Безенгийско-Цаннерский узел

оледенения (85 ледников общей площадью 168,8 км²). Второй по величине узел оледенения на территории заповедника — Башильско-Лензырский (68 ледников площадью 121,8 км²) [1].

Под воздействием потоков от таяния ледников, а также движений земной коры здесь образовались грандиозные каньонообразные ущелья: Безенгийское (Хуламское), Балкарское, Чегемское, Суканское, Хазни-



Безенгийское (Хуламское) ущелье.

Здесь и далее фото М.Калинина



Исток р. Черек-Безенгийский.



Река Мижирги.

донское. Они расположены параллельно друг другу, глубина ущелий достигает 300–400 м, ширина до 30–40 м, склоны часто отвесны.

По ущельям протекают реки: Черек-Безенгийский, Черек-Балкарский, Чегем, Сукан-Суу и Хазнидон. Это типично горные водотоки, вверху имеющие большие скорости течения. Как правило, они несут много взвесей, которые откладываются в нижней части, в связи с чем их русла оказываются расположенными выше прилегающей местности. В период половодья и паводков это приводит к разливам рек.

Одна из основных высокогорных рек, протекающих по территории заповедника, — Черек-Безенгийский (Черек-Хуламский). Она вытекает из грота ледника Безенги (Уллу-Чиран).

Этот ледник (площадь 36,2 км², длина 17,6 км) имеет



Ледник Безенги.

Т-образную форму, вертикальная линия которой — язык ледника (оканчивающийся на высоте 2080 м), а горизонтальная — потоки льда, текущие в продольной депрессии.

Черек-Безенгийский на всем протяжении принимает около 90 притоков общей протяженностью 230 км, три из которых имеют длину более 10 км. Наиболее значительные притоки — Кара-Суу, Думала, Тушхаркол. Самые многоводные — Думала и Мижирги, также берущие начало в ледниках.

В пределах заповедника и его охранной территории Черек-Безенгийский представлен отрезком своего течения от истока протяженностью около 14 км. Ширина русла колеблется от 5 до 20 м. Глубина от 0,3 до 2 м [2].

Относительно водных ресурсов значение гор проявляется главным образом в увеличении

количества осадков с подъемом воздушных масс и накоплением влажного воздуха над горами. Атмосферные осадки, выпадающие в виде снега в регионах, расположенных на больших высотах, формируют ледники и ледниковые покровы. Некоторая их часть постепенно тает, обеспечивая сток рек.

В большинстве гор мира сезонные колебания осадков могут быть очень большими. Например, сильные ливни, ураганы большой интенсивности, затяжные дожди, как при муссонах, вызывают в горах ливневые потоки, многочисленные оползни и наводнения. В высокогорных водосборах заповедника распределение и интенсивность осадков отличаются меньшей изменчивостью.

Осадки могут также поступать в «горизонтальной форме». Принесенные ветром облака

и туман могут нести полезную воду, которую извлекают из них растительные преграды. Если такие преграды, вызывающие конденсацию, отсутствуют, эти осадки не выпадают.

Соотношение между количеством осадков и высотой местности меняется в разных частях мира в зависимости от содержания влаги в воздухе и его температуры, крутизны склонов и других факторов. Ежегодно количество осадков с высотой на наветренных склонах обычно увеличивается от 0,05 до 7,5 мм на 1 м высоты. В некоторых горных цепях максимальное количество осадков отмечается в высотном поясе 1500—4000 м, уменьшаясь выше этого уровня. В верховьях р.Черек-Безенгийский, по данным наблюдений, их количество достигает максимальных значений (1000—1200 мм) на высоте 3000 м, а выше 3500 м умень-



«Горизонтальная форма» осадков на р.Черек-Безенгийский.

шается до 800—900 мм на высоте 4000 м.

Еще одна особенность горной территории — высокая облачность. В некоторых полузасушливых областях из облаков извлекается значительное количество осадков, особенно там, где имеются леса. Их крона, непрерывно смачиваемая влагой, «перехваченной» из облаков, может изменять общие скорости выпадения осадков гораздо значительнее, чем низкорослая растительность, что приводит к изменению водного баланса рек. Хвойные деревья, например, могут прерывать выпадение осадков, изменять микроклимат и скорость испарения, а также задерживать таяние снега, перестраивая тем самым картину наземного и грунтового потоков. При этом изменяется время, необходимое для попадания этих потоков в речную сеть.

В бассейне р.Черек-Безенгийский наибольшая облачность наблюдается в холодную часть года. На высотах 300—1000 м она увеличивается, а на 1000—2000 м уменьшается, что связано с наличием котловин. С дальнейшим поднятием в горы облачность вновь растет и достигает наибольших значений на высотах 2000—3000 м, уменьшаясь выше 3000 м. Средняя величина облачности на ледниках 2500—3000 м за период абляции составляет 5—7 баллов. Преобладают кучевые формы облаков, образующиеся в результате конвекции, часто отмечаются также слоистые, перистые, и перисто-кучевые облака.

Другая особенность высокогорной местности — вертикальная зональность (поясность) почвенного покрова и растительности, влияющая на формирование стока рек. В Кабарди-

но-Балкарском государственном высокогорном заповеднике резко выражены пять типов растительных поясов: нивальный — выше 3700 м над ур.м., субнивальный — от 3300 до 3700, альпийский — от 2400 до 3700, субальпийский — от 1800 до 2600, лесной — от 1800 до 2400.

Границы высотных растительных поясов варьируют на 100—200 м в зависимости от освещенности склонов и распределения влаги. Нивальный, субнивальный и альпийский пояса занимают в заповеднике 81.1% территории, а лесной и субальпийский — 17.9%. Лесной пояс в основном формируют береза и сосна. Березняки занимают склоны северных экспозиций, образуя в высокогорье березовое криволесье, которое выше 2400 м сменяется непроходимыми зарослями рододендрона кавказского — вплоть до высоты



Высокогорный пейзаж.

2700 м. Помимо березы, сосны и рододендрона в заповеднике произрастают граб, осина, ольха серая, ива, лещина, облепиха, клен, рябина, калина, черемуха.

По мере подъема к ледникам воздух становится прохладнее, леса сменяются зарослями кустарников и альпийским высокогорьем, затем красочным ковром альпийских трав и, наконец, разреженными пятнами лишайников, мхов в сочетании с травянистыми кустиками в нивально-гляциальном поясе.

Характер почвенного покрова также меняется с повышением местности. Расположенный выше леса субнивный пояс занят дерновыми 5-сантиметровыми горно-луговыми почвами с хорошо выраженной зернистой структурой. Выше, в альпийском поясе, преобладают грубо-скелетные, легкого механического состава почвы, обладаю-

щие высокой емкостью водопоглощения. Еще выше, к линии вечных снегов, отдельными местами встречаются дерново-торфяные почвы, богатые грубым, слабо разложившимся перегноем. Однако типичная торфяная тундра здесь отсутствует в силу хорошего дренирования грунта. У истока р.Черек-Безенгийский, близ ледников, развиты примитивные почвы, образующиеся в соседстве с обнаженными каменными россыпями и скалами.

Вертикальная зональность высокогорья влияет и на температурный режим реки. В мае в полдень температура воды у истока колеблется от 0,5 до 2°C, в 9 км от истока достигает 8°C, в 14 км от истока — 10—12°C.

С 2004 г. сотрудники научного отдела Кабардино-Балкарского государственного заповедника проводят мониторинг

гидрохимического режима р.Черек-Безенгийский [3]. Выбор в пользу этой реки был сделан из-за близости подступа к ледникам, доступности мест отбора и отсутствия на территории водосбора загрязняющих источников. Каких-либо сведений о химическом составе воды высокогорной части реки нет.

Пробы воды отбирались в основные фазы гидрологического режима — в зимнюю межень, летний и дождевой паводки. Исследовалась часть реки протяженностью 14 км от истока. При проведении анализа проб воды пользовались прямой потенциометрией с использованием ионоселективных электродов, микроаналитическими и спектрофотометрическими методами.

Преобладающие ионы в исследуемый период — гидрокарбонатные и ионы кальция. Мак-



Облака в горах.

симальное содержание гидрокарбонатных ионов наблюдается в реке в зимнюю межень, что, вероятно, связано с переходом реки на грунтовое питание; минимальное значение наблюдается в ледниковый паводок. Изменение содержания гидрокарбонатных ионов и ионов кальция от истока к устью соответствует в основном ходу кривой минерализации. С увеличением концентрации HCO_3^- и Ca от истока к устью соответственно увеличивается величина минерализации.

Ее степень меняется в зависимости от сезона, что обусловлено преобладанием в течение года различных видов питания реки. При увеличении поверхностного стока (летний дождевой и ледниковый паводки) минерализация падает до 25.86 и до 39.19 мг/л соответственно. А при уменьшении поверхност-

ного стока и увеличении грунтового питания (зимняя межень) она возрастает и варьирует от 89.49 до 112.31 мг/л.

По классификации О.А.Алекина [4] исследуемые воды р.Черек-Безенгийский и ее притоков относятся к маломинерализованным (до 200 мг/л), т.е. пресным.

Концентрация биогенных веществ (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+) в реке и ее притоках также зависит от фазы водного режима. Наибольшее содержание нитрит-ионов наблюдается в период интенсивного таяния ледников и в дождевой паводок. Превышение ПДК было обнаружено в ледниковый паводок 2004 г. Вероятно, оксиды азота в указанный период были привнесены воздушными потоками, так как в другие годы таких высоких значений нитрит-ионов не наблюдалось. При переходе реки

на грунтовое питание они отсутствуют. Примерно такая же картина наблюдается и для ионов аммония.

Нитрат-ионы присутствуют во всех пробах, причем их содержание в дождевой паводок несколько выше, чем в другие фазы. Выявленные концентрации нитрат ионов намного ниже предельно допустимых значений (10 мг/л для питьевых вод в нашей стране и 45 мг/л — общеевропейская норма для поверхностных вод).

Общая жесткость исследованных проб воды находится в пределах 0.4—4.0 мг-экв/л (при различных режимах реки) при норме 7 мг-экв/л для питьевого назначения. Содержание взвешенных веществ не превышает 0.25 мг/л. Вода имеет нейтральную, слабощелочную среду, которая слабо зависит от времени отбора. Фоновые концентрации ионов летнего периода (в мг/л), полученные в результате обработки данных таковы: HCO_3^- — 22.9, SO_4^- — 9.2, Cl^- — 0.1, NO_3^- — 0.60, NO_2^- — 0.011, Ca^{2+} — 10.6, Mg^{2+} — 1.15, Na^+/K^+ — 3.2, NH_4^+ — 0.15.

Так как горные экосистемы включают в себя множество взаимосвязанных компонентов (почва, флора, фауна, воздух, вода в трех ее фазовых состояниях), изменения, происходящие в одном из этих компонентов, несомненно, повлекут изменение химического состава поверхностных вод. Поэтому изменение фоновых показателей может служить индикатором окружающей среды, что позволит вовремя обнаружить предупреждающие отклонения и приступить к устранению возникшей проблемы. ■

Литература

1. Панов В.Д., Псарева Т.В. Каталог ледников СССР. Т.8. Л., 1973.
2. Атабиева Ф.А., Газаев М.А. О некоторых особенностях высокогорных водосборов: Сб. статей Всероссийской научно-практической конференции. Водные ресурсы и водопользование в бассейнах рек Западного Каспия. Элиста, 2008.
3. Газаев М.А., Жинжакова Л.З., Белоненко З.А., Атабиева Ф.А. // Известия КБНЦ РАН. 2004. №2(12). С.49.
4. Алекин О.А. и др. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., 1973.

Из полевого рюкзака

С.В.Наугольных,
доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

Отправляясь в очередное путешествие за окаменелостями — ископаемыми остатками древних растений или животных, — я каждый раз задаю себе один и тот же вопрос: а какова же главная цель этой поездки?

Многие палеонтологи, планируя экспедиционные работы, нередко основную цель видят в поиске остатков конкретного древнего существа. Но, пожалуй, чаще собирают окаменелые остатки представителей какой-нибудь таксономической группы, например того или иного семейства, отряда или класса.

В мой же полевой рюкзак попадает практически все маломальски интересное, вызвавшее удивление или приковавшее внимание необычной формой, а то и условиями нахождения. Поэтому, разбирая после очередной экспедиции образцы и раскладывая их по лоткам и коробочкам, нередко помещая рядом куски окаменелой древесины, отпечатки листьев древних папоротников, раковины пресноводных двустворчатых моллюсков и плитки песчаника с ходами илоедов. Делаю так просто потому, что все нашел вместе, подчас в одном слое, и только все вместе они могут рассказать о том удивительном и загадочном мире, в котором когда-то существовали. Один из таких «рассказов» и предлагаю читателю.

Пассажиры поезда, идущего через Кировскую обл. к Москве, с востока на запад, бывают удивлены, увидев после спокойных равнинных ландшафтов с ело-

выми и сосновыми лесами крутой многометровый красноватый обрыв на правом берегу Вятки. Обрыв этот тянется от г.Котельнича на десятки километров вниз по течению. В лучах утреннего солнца от берега не отведешь глаз — весь он в пурпурных и алых тонах.

В горных породах, обнажающихся в вятском обрыве совсем рядом с Котельничем, палеонтологами найдены многочисленные и прекрасно сохранившиеся окаменелые скелеты земноводных и пресмыкающихся, обитавших на Русской равнине в пермский период палеозойской эры [1, 2]. Этим и знаменито котельничское местонахождение.

Палеонтологов и геологов широкого профиля привлекают в Котельнич не только остатки позвоночных или растений, встречающиеся в сероцветных линзах. Весьма интересны также палеопочвы с корнями, погребенными на месте произрастания материнских растений [3]. Однако во время работы на котельничском разрезе я охотно отбирал в коллекцию и литологические образцы горных пород, и всякие странные образования непонятного происхождения, попадавшиеся время от времени вместе с окаменелостями.

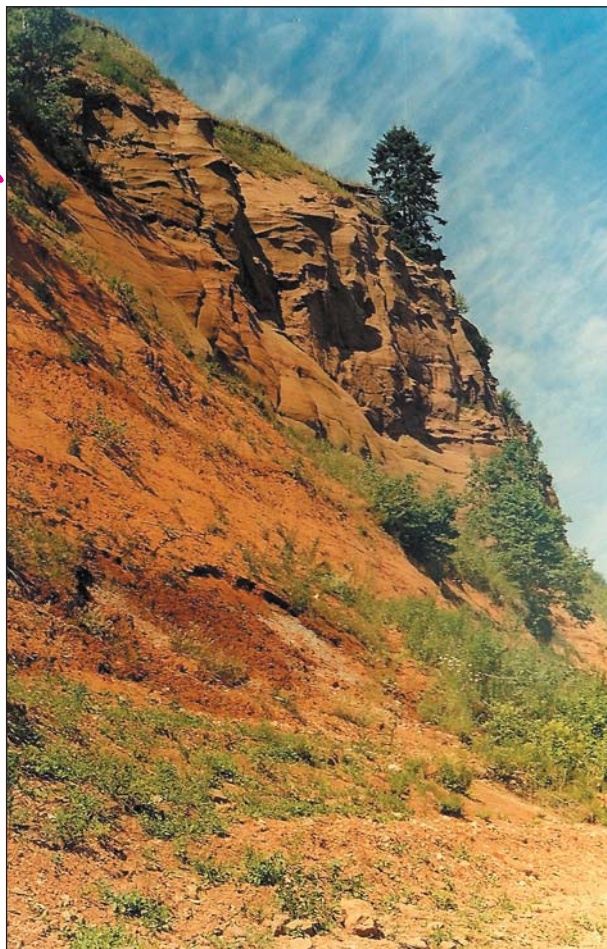
Одно из таких образований показалось мне особенно интересным. Оно было относительно плотной консистенции, темно-бурого, почти черного, цвета, овальных очертаний. Длина его составляла 1.8 см при ширине вдвое меньшей. После внимательного осмотра слоя, из которого я извлек таинственную находку, обнаружилась еще одна такая же, но размером чуть-чуть

меньше. Правильные очертания этих небольших «камешков», а также мелкие углистые включения, которые удалось разглядеть внутри через 10-кратную лупу, со всей определенностью указывали на органическое происхождение странных находок. Что-то похожее я видел на иллюстрациях в геологических и палеонтологических изданиях. Отгадка нашлась довольно быстро: передо мной были копролиты, или, попросту говоря, окаменелые экскременты какого-то древнего животного.

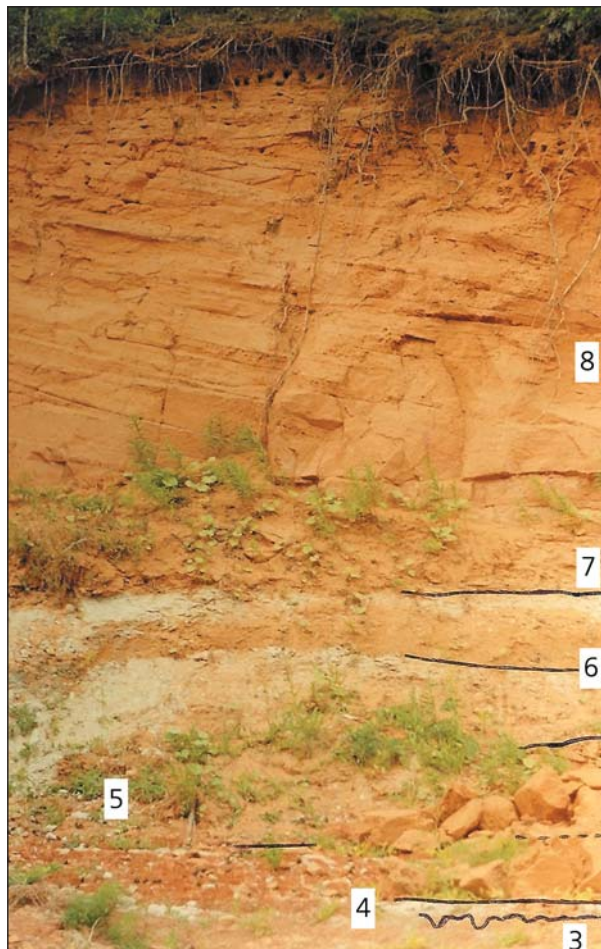
Заинтригованный необычными находками, я попробовал методом последовательных приближений установить, какому же именно существу могли принадлежать найденные копролиты.

Естественно было предположить, что окаменелости животного (точнее сказать, окаменелости представителей того же вида), оставившего копролиты, должны были встречаться в том же слое, где найдены копролиты. Этот слой принадлежит ванюшонковской пачке, самой нижней в котельничском разрезе. Сложена она красноцветными алевролитами, в верхней ее части видны два палеопочвенных профиля с остатками корней высших растений. Отдельные ископаемые корни, которые, очевидно, тоже сохранились на месте произрастания материнских растений, встречаются в нижней и средней частях пачки. Именно здесь и найдены копролиты.

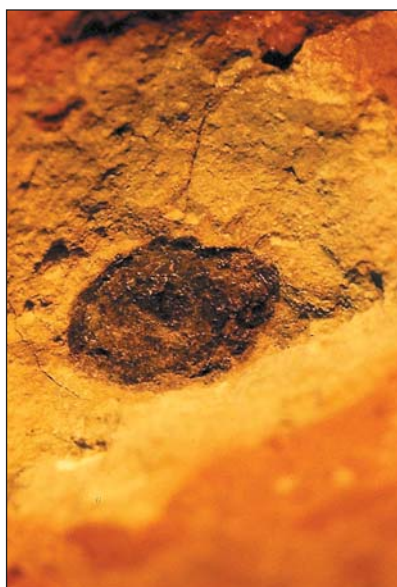
Ванюшонковская пачка котельничского разреза знаменита богатым комплексом остатков наземных амфибий и рептилий. Среди последних домини-



Общий вид котельничского разреза.
Здесь и далее иллюстрации автора



Верхняя часть ванюшонковской пачки (№3—6) с палеопочвенными профилями в верхней части. В ней и найдены копролиты.



Копролит из ванюшонковской пачки.

руют парейзавры *Deltavjatia vjatkensis*, — безусловно, растительноядные животные. Но мелкие копролиты с углистыми растительными фрагментами им принадлежать не могли — просто потому, что не соответствовали размеры.

В тех же отложениях встречаются многочисленные остатки разнообразных тероморф, например тероцефалов и горгонопий. Но и этих хищных зверообразных рептилий сразу же пришлось исключить из числа кандидатов.

Так, шаг за шагом, отсеивая возможных кандидатов, я добрался до одного удивительного существа — суминии (*Suminia getmanovi*). Впервые она описана из верхнепермских отложе-

ний котельничского разреза Михаилом Феодосьевичем Ивахненко — известным специалистом по тетраподам, жившим в пермском и триасовом периодах [4]. Суминия относится к отряду аномодонтов, но, в отличие от многих своих родственников, этот странный зверек был небольшим. Длина его тела вместе с хвостом, не таким уж и коротким, не превышала 35 см. Суминия просто идеально подходила на роль «хозяйки» найденных копролитов.

Менее 10 лет назад Н.Рибжински из Университета Дюка (США) и Р.Райсц из Университета Торонто (Канада) детально изучили зубную систему и жевательные механизмы суминии [5]. Из полученных результатов

выяснилось, что она была растительной. Эти же специалисты дополнительно исследовали строение лап суминии и установили, что широко расставленными пальцами они напоминают лапы хамелеона. Из этого следовало: суминия была древолазом и питалась листьями пермских растений.

Какими именно растениями кормился зверек, чьи копролиты мне попались, можно было узнать, изучив эти окаменелые экскременты.

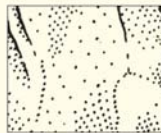
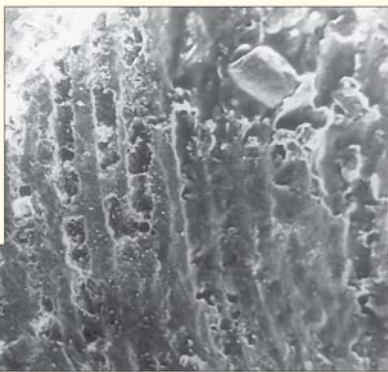
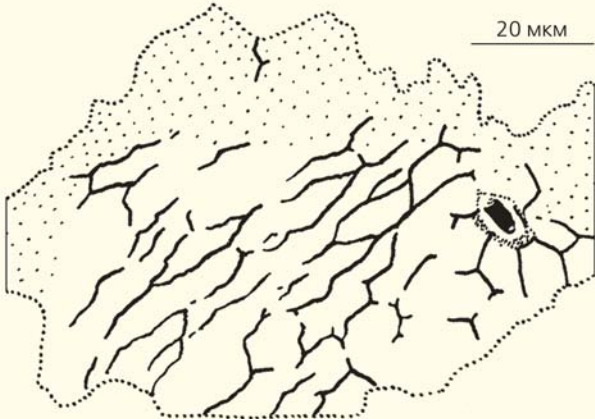
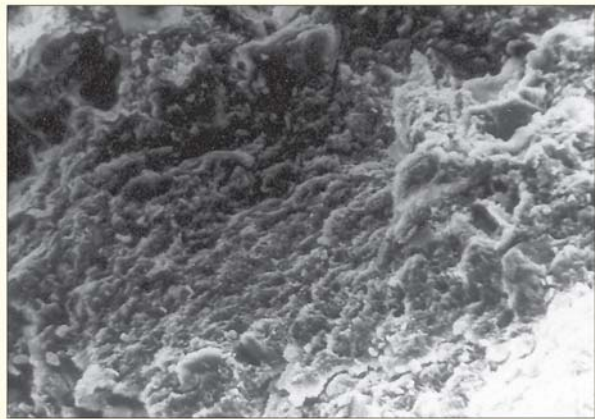
В научной и научно-популярной литературе встречаются интересные сведения об анализе остатков, содержащихся в копролитах. На меня в свое время произвело большое впечатление одно описание подобного аналитического исследования. Опубликовано оно в прекрасной книге «Следы трав индейских» (1981), написанной знаменитым отечественным палеоботаником и эволюционистом Сергеем Викторовичем Мейеном. Взяв на вооружение по существу ту же методику, которую он использовал, но с некоторыми поправками, я принялся за котельничские копролиты.

Окаменелые экскременты, найденные в Котельнице, несколько отличались по сохранности от копролитов, изученных Мейеном. Это обстоятельство привело в работе к некоторым сложностям. Кроме того, Мейен пользовался оптическим микроскопом, а я — сканирующим электронным. Его разрешающая способность существенно выше, чем у большинства оптических микроскопов. Обработав должным образом маленькие углистые кусочки, извлеченные из копролита, я получил рыхлую органическую массу и внимательно рассмотрел ее под микроскопом.

На мониторе микроскопа я увидел много интересного. Стали заметны маленькие, пережеванные и полупереваренные суминией кусочки растительных тканей с многочисленными микроскопическими трубочками,



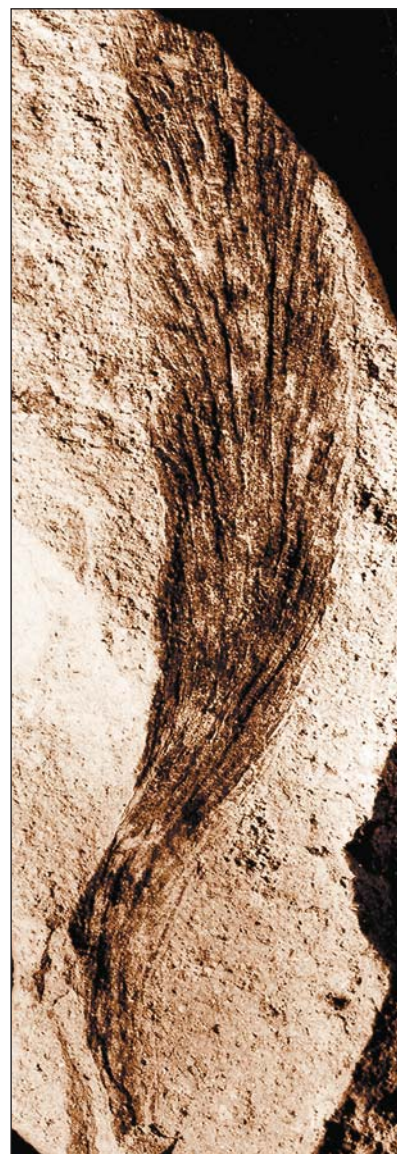
Скелетные остатки суминии из коллекции Котельничского палеонтологического музея.



Микрофотографии и детальные прорисовки содержимого копролитов. В верхних двух рядах видны два устьица (слева и в середине) и фрагмент кутикулы с очертаниями покровных клеток (справа), в нижних рядах — фрагменты проводящих тканей и отдельная трахеида (на врезке) из древесины пурсонгии. Средний диаметр проводящих элементов 25 мкм.



Реконструкция суминии, ползущей по побегу пельтаспермового птеридосперма.



Лист пурсонгии из котельничского разреза.

иногда — с поперечными пережимами и утолщениями. В трубочках я узнал остатки проводящей системы какого-то высшего растения. Некоторые кусочки были покрыты тончайшими переплетающимися тяжами, вероятно, грибковыми гифами. При большем увеличении изображения я заметил мелкие удлиненные образования около 2—3 мкм в длину, очень сходные по форме и размерам с бактериями. Однако и предполагаемые гифы грибов, и подобные бактериям остатки были минерализ-

ованы, что указывало на их почтенный возраст. Очевидно, уже после того как копролиты оказались на поверхности земли, а затем и в осадке, их начали разлагать организмы-деструкторы — сапротрофные грибки и бактерии.

Но каким же именно растениям принадлежали эти мелкие фрагменты древесины с проводящими тканями?

В ходе внимательного изучения содержимого копролита мне все-таки удалось найти два мелких фрагмента кутикулы — высо-

кополимерной пленки, покрывающей листья и некоторые другие органы высших растений. Конечно, после пребывания в желудке суминии кутикулы были сильно повреждены, однако на них все же имелись устьица — органы, ответственные за газообмен у высших растений. Эта находка была большой удачей! Устьица на фрагментах кутикулы несли губовидные утолщения замыкающих клеток, а также папиллы на побочных клетках. Очень сходные структуры известны у разных голосеменных

растений и изредка отмечаются у некоторых споровых. В пермском периоде из голосеменных со сходным строением устьиц произрастали пельтаспермовые птеридоспермы [6].

Листья пельтаспермовых отличаются большим разнообразием форм. По сути, это разные варианты ряда, в котором форма листовой пластинки претерпела редукцию от сложноперистой до простоперистой и даже до простого ланцетовидного листа. Судя по наличию в центральных жилках (рахисах) вторичной древесины, пластинка пельтаспермовых имела веточное происхождение, а ее морфологические преобразования были обратимыми и многовариантными. Думаю, и порядок перистости, и средняя величина листовых сегментов пельтаспермовых отражали климатические условия среды, прежде всего освещенность и сезонные изменения влажности.

В котельничском разрезе листья пельтаспермовых встречаются очень часто, но не в ванюшонковской пачке, а в средней части разреза, в сероцветной чижевской пачке. Сами условия формирования красноцветных отложений ванюшонковской пачки препятствовали сохранению растительных остатков. В красноцветных песчаниках и алевролитах углестое вещество растительного происхождения очень быстро окисляется,

буквально растворяется в окружающей породе. Как уже отмечалось, в карбонатных конкрециях (почвенных известковых «журавчиках», или стяжениях) ванюшонковской пачки «в порядке исключения» сохранились лишь корневые остатки вместе с редкими фрагментами древесины и кутикулами. Все это вполне могло принадлежать пельтаспермовым.

В сероцветных прослоях, встречающихся в средней части котельничского разреза (например, в той же чижевской пачке), листья пельтаспермовых из формального рода *Pursongia* находят в изобилии. Представляется вполне вероятным, что пурсонгии произрастали на этой территории и во время формирования ванюшонковской пачки. Подтверждение тому — наличие кутикулы, возможно, принадлежавшей пельтаспермовым, в копролите суминии. В экскрементах кутикула была защищена от окисления, потому и сохранились ее мелкие фрагменты.

Последний элемент головоломки, связанной с находкой таинственных копролитов, занял свое место.

Суминии, захватывая цепкими лапками раскачивающиеся под дуновением горячего пермского ветра ветки пурсонгий, карабкались к сочным кожистым листьям, дававшим зверькам одновременно и тенистое убежище

от палящих лучей солнца, и богатую углеводами пищу. В отдалении простиралась береговая полоса обширного, но мелководного озера, вдоль которой неспешно передвигались стада парейзавров — дельтаватий. Некоторые из них попадали в ловушки из жидкой илистой грязи, замаскированные подсохшими сверху корочками, и оказывались навеки погребенными в буровато-красных пермских алевролитах. Из прибрежных зарослей пурсонгий за дельтаватиями хищно следили голодные горгонопсы — вяткогоргоны, а в подлеске тероцефалы искали жертв поменьше. В норках на опушке леса прятались эмеролетеры, напоминавшие ящериц, и при случае ловили пробегавших или низко пролетавших мимо насекомых.

«Расшифровка» копролитов, сохранившихся в глубине красных алевролитовых пластов, дает еще и ответ на вопрос о целях палеонтологических исследований. Конечно, представительными коллекциями и объемами таксономическими трудами как результатом проведенной работы может и должен гордиться любой палеонтолог. Но бросить взгляд на жизнь доисторического мира, разобраться в том, какими цепочками были связаны различные организмы, населявшие древние сообщества, — разве это не достойная цель? ■

Литература

1. Очев В.Г. Таинственный Котельнич // Природа. 1995. №2. С.53—59.
2. Наугольных С.В. Тайна Котельнича разгадана // Природа. 2001. №7. С.20—27.
3. Наугольных С.В. Палеопочвы перми и раннего триаса // Климат в эпохи крупных биосферных перестроек. (Тр. Геологического института РАН. Вып.550.) М., 2004. С.221—229.
4. Ивахненко М.Ф. // Палеонтологический журнал. 1994. №1. С.77—84.
5. Rybczynski N., Reisz R.R. // Nature. 2001. V.411. P.684—687.
6. Наугольных С.В. Птеридоспермы — растения с первыми настоящими семенами // Природа. 1998. №10. С.21—32.

По следам Земли Санникова

А.Ю.Гуков,

кандидат биологических наук

Государственный природный заповедник Усть-Ленский
Республика Саха (Якутия)

Летом и осенью прошлого года в арктических морях продолжила работу океанографическая экспедиция БАРКАЛАВ Арктического и Антарктического научно-исследовательского института Роскомгидромета. В 2008 г. исследования проходили в Баренцевом и Карском морях, в море Лаптевых, а затем в Восточно-Сибирском море.

Основной задачей экспедиции были детальные гидробиологические исследования. Впервые в истории изучения арктических морей они проводились повторно (после экспедиции БАРКАЛАВ-2007 в районе Новосибирской полыньи [1] в течение лета и осени 2007 г.). Это позволило проследить динамику, пространственное распределение и изменчивость различных параметров донных биоценозов, а также влияние на них абиотических факторов. Кроме основной научной программы в экспедиции решалась и широко известная научно-историческая проблема Арктики — проблема Земли Санникова.

В 1808—1810 гг. русская экспедиция под руководством М.М.Геденштрома проводила съемку Новосибирских о-вов. Именно тогда участник экспедиции, промышленник Яков Санников, увидел неизвестную землю, вернее, два ее участка, названные на карте, составленной в 1811 г. Геденштромом, «Земля, увиденная Санниковым». Один участок — к северу от о.Фаддевского и о.Новая Сибирь, другой — к северо-западу от о.Котельного [2, 3]. За про-



Судно «Иван Петров» в море Лаптевых.

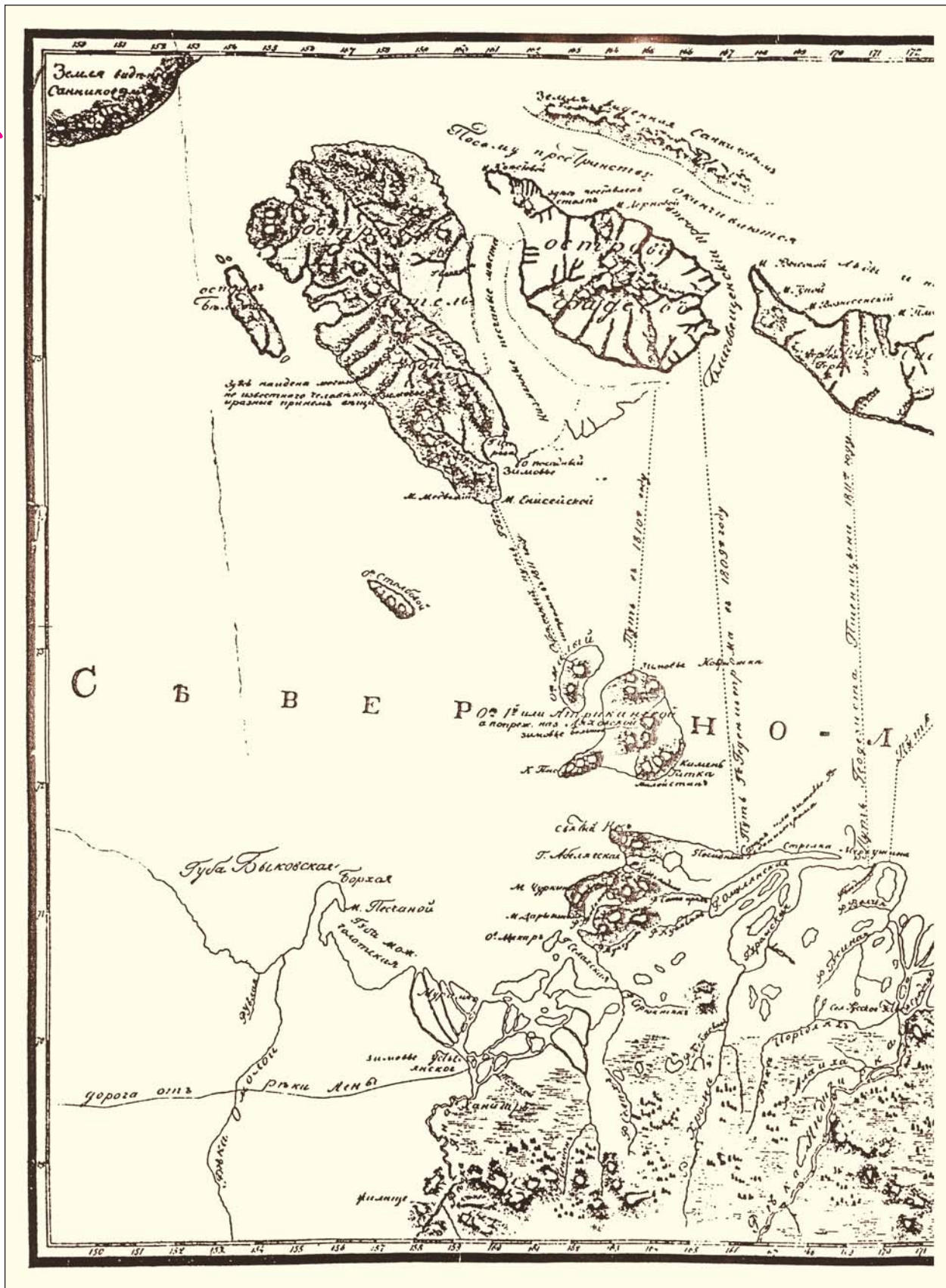
Здесь и далее фото С.Н.Рыжего

шедшие с 1810 г. почти 200 лет интерес к землям, увиденным Санниковым, не прекращался. Особенно он вырос после выхода в свет в 1926 г. научно-фантастического романа В.А.Обручева «Земля Санникова». Однако земля (или земли) так и не была обнаружена. Вопрос о ее существовании остался открытым, а споры о том, был ли это остров, мираж или оптический обман, не утихли.

В летние сезоны 2007 и 2008 гг. в акваториях, указанных в сообщениях Я.Санникова, М.М.Геденштрома и Э.В.Толля (знаменитого полярного исследователя и участника экспедиции в районе Новосибирских о-вов в 1885—1886 гг.), побывала

наша экспедиция БАРКАЛАВ на судне «Иван Петров». В районах существования гипотетических земель, к северо-западу и северо-востоку от Котельного и к северу от Новой Сибири проведено эхолотирование дна, измерены глубины ручным лотом, отобраны пробы донного грунта для изучения его характеристик. Преобладающий тип донного осадка в этом районе — ил, который накапливается в местах со слабыми течениями, впадинах морского дна, депрессиях.

Рыхлые острова в зонах активной гидродинамики обычно быстро размываются, поскольку там имеются сильные течения, приливы, отливы и волнение, а существование песчаной банки



Фрагмент карты 1811 г., составленной М.М.Геденштромом.



Берег о. Беннетта.

указывает на то, что в этом месте ранее существовал остров. Что касается земель, якобы виденных Санниковым в северо-восточном направлении, здесь картина совершенно другая. В близлежащей акватории нет ареалов с залегающим песком или илистыми песками. Вплоть до о. Беннетта располагается обширная и непрерывная зона илистых грунтов и глинистых илов. Это может свидетельствовать о том, что в последние 100 лет здесь с большой степенью вероятности никаких изменений не происходило.

Значит, никакого острова, тем более значительной по площади земли, здесь не было (по крайней мере в последние 3 тыс. лет). Когда разрушается остров, состоящий из камней, щебня, песка, глины, т.е. частиц разного размера, на его месте остаются частицы более крупного размера, которые волны и течения не

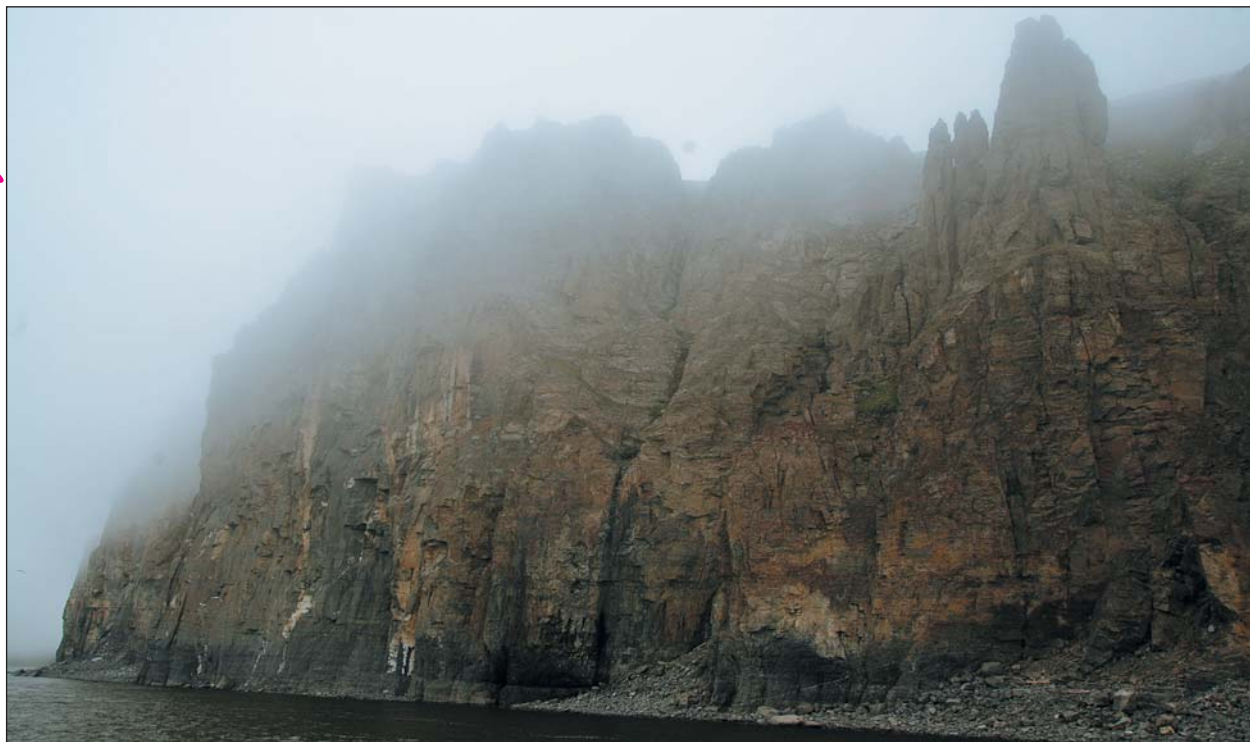
в силах перенести на более или менее значительное расстояние. Легкие и мелкие частицы разносятся по всему морю, откладываясь в районах, покрытых дрейфующими льдами, или в глубоких морских впадинах. В таких районах течения слабы, а действие волн сведено на нет.

Согласно последним данным, скорость разрушения берегов островов в сибирских морях может превышать 100 м/год. Берега о. Муостах в 2007 г. отступили на 25 м при средней скорости 6 м/год. Море и волны продолжают перемывать материал, поступающий в прибрежную зону, течения разносят частицы бывшего берега в более глубокие части моря.

Землю, увиденную издали на северо-востоке, вероятно, все-таки посещали, и неоднократно. Скорее всего, это реально существующие о. Беннетта или о. Ген-

риетты из архипелага Де-Лонга. Открыты эти острова были в 1881 г. американской экспедицией капитана Дж. Де-Лонга на судне «Жаннетта», дрейфовавшем во льдах, как раз на месте восточной из земель, показанных на карте Геденштрома.

В свое время это побудило А.В. Григорьева, секретаря Географического общества, поднять вопрос о существовании и второй — западной — земли, за которой он оставил имя Санникова. Обращая внимание на открытия Де-Лонга, он отметил, что острова эти находятся гораздо дальше от о. Новая Сибирь, чем полагал Санников (о. Генриетты — на 260 верст, а о. Беннетта — не на 45, а на 130 верст). В условиях высокой прозрачности воздуха в Арктике в ясные весенние дни видны очень отдаленные предметы. Так, Деревянные горы на о. Новая Сибирь, вы-



Загадочный остров.



Сибирская полярная зима.

Фото С.Н.Есипенко



Остров Большой Ляховский.

Фото И.А.Якшиной

сота которых всего 30—60 м, Ф.Врангель наблюдал из устья р.Индиgirки (с расстояния не менее 312 км). Берег о.Муостах 40-метровой высоты виден из Тикси (расстояние около 50 км), низменный Быков мыс в устье Лены — с мыса Буор-Хая (115 км). Поэтому Санников мог видеть о.Беннетта (он достигает 450 м высоты, т.е. гораздо выше Деревянных гор) за 130 км. Теоретически благодаря рефракции воздуха он и Геденштром могли наблюдать высокий скалистый остров Генриетты с ледниками за 260 км. Кстати, А.Ф.Лактионов считал эти земли не миражом и не островами, а туманом над Сибирской полярной пустыней, который может принимать причудливые формы.

Григорьев не сомневался в существовании земли, виденной Санниковым в 1810 г. на северо-западе от о.Котельного, но полагал, что расстояние до нее в 70 км, скорее всего, преуменьшено (судя по ошибкам в оценках расстояния до о.Беннетта).

На 76 лет позже Санникова, 13 августа 1886 г., с устья ручья Могур на северной оконечности о.Котельного Толль увидел резкие контуры четырех плоскоконических гор, к которым с востока примыкало низкое предгорье (эти горы находились на северо-востоке по азимуту 14—18°).

С целью найти большой остров или целый архипелаг примерно между 78 и 80°с.ш., 140 и 150°в.д. в 1937—1938 гг. в этом районе дрейфовали суда, многократно летали самолеты, но никаких следов Земли Санникова обнаружить так и не удалось. (Как раз этот район был детально обследован нами осенью 2008 г. на предмет распределения донных осадков, глубин и донных биоценозов.) Для поисков этой земли в 1937 г. была организована специальная экспедиция под руководством директора Института Севера Р.Л.Самойловича. На борту «Садыко» кроме коллектива зимовщиков ехали оборудование и инст-

рументы, разборные домики для организации полярной станции на новом острове, домашние животные. Все было продумано и приготовлено для зимовки на Земле Санникова, которую надеялись вот-вот открыть.

Что касается других предложений, то высказанная в 1948 г. сотрудником Арктического института В.Н.Степановым гипотеза, что Земля Санникова просто растаяла, как растаяли в этом районе — практически в течение жизни одного человека — льдистые острова Васильевский, Семеновский, Меркурия, Фигурин, тоже имеет слабые места.

В районе между 76°35' и 77°10'с.ш. на меридиане мыса Анисия существует песчаный грунт, однако гипотетическую землю видели северо-восточнее. Наша попытка найти остатки подходящей банки или ее «след» — мелководный район с песчаными или илисто-песчаными грунтами — в указанном Толлем месте тоже не увенчалась успехом.

С другой стороны, найден локальный участок дна с песчаным илом на глубине 30—40 м в районе с координатами от 76°59'с.ш., 143°00'в.д. до 77°30'с.ш., 143°00'в.д. Интересно, что с севера и запада к этому участку дна моря прилегают глинистые илы, с юга — илистые грунты. Такое распределение грунтов представляет собой аномалию.

По предположению полярного исследователя В.Ф.Бурханова, Земля Санникова была большим, в десятки квадратных километров, обломком шельфового ледника с Северной Земли или другого острова, которые иногда годами и десятилетиями дрейфуют в Арктике. Задержать такой плавучий остров может банка — мель, окруженная большими глубинами. Можно предположить, что во времена Геденштрома и затем Толля глубина на этом участке была еще меньше и это остатки давно размытого острова. Гряды торосов или большую стамуху опытные полярники, скорее всего, отличили бы от такого необычного (высокого и крупного) объекта, как остров или плавучий остров-айсберг. Части суши, острова в привычном смысле этого слова, обломка плейстоценовой Приморской равнины, сложенной ледовым комплексом, к началу XIX в. не существовало. Здесь уже было мелководье, где и сел на грунт (а может, просто медленно дрейфовал) значительный по величине (и, что особенно важно, высокий и заметный издали) айсберг.

Еще в марте 1941 г. летчик И.И.Черевичный обнаружил на 74°с.ш. в Восточно-Сибирском море огромный остров с волнистой поверхностью, с отчетливо видимыми руслами рек, сложен-

ный льдом. В 1945 г. летчик М.А.Титлов и штурман В.И.Аккуратов, идя на малой высоте, заметили в океане остров, оказавшийся при ближайшем рассмотрении айсбергом длиной 30 и шириной 25 км. Это открытие было сделано в районе с координатами 76°с.ш., 165°в.д. Тогда, кстати, был составлен акт об открытии новой земли, но подтвердить ее существование через два месяца не удалось. Остров... уплыл. Позднее, через год, его нашли значительно северозападнее. Американцы тоже обнаружили этот остров и назвали его Т-1 (от англ. target — мишень). В последующие годы были обнаружены дрейфующие ледяные острова Т-2 (1948) и Т-3 (1952). Первый из них имел площадь в 700 км², обрывистые берега, овраги и долины.

Около 7.5 тыс. лет назад уровень моря Лаптевых был в районе современной 20-метровой изобаты, 6.8 тыс лет назад — на уровне современной изобаты 15 м. В бухте Тикси с глубиной 5—7 м примерный возраст железистых конкреций составляет 3 тыс. лет, т.е. вода пришла в этот район примерно в это время [4].

Все известные реконструкции палеогеографической ситуации говорят о постепенном и равномерном затоплении равнины к северу от островов Котельного и Фаддеевского. Подводных долин рек, заметных впадин, усложняющих рельеф дна, здесь не обнаружено, что еще раз говорит о том, что острова, со всех сторон окруженного водой, здесь никогда не было. Песчаная полярная пустыня Земля Бунге представляет собой часть древней долины праяны, а к северу от нее располагается область современного

осадконакопления — дно моря. Видимо, здесь существовал полуостров, превратившийся далее в морское мелководье. По данным геологов, в этом месте был выделен интенсивный максимум поля силы тяжести, отвечающий блоку древнего фундамента шельфа, перекрытого позднее лишь тонким чехлом морских осадков.

Другое дело на Семеновском мелководье. Подводный рельеф в этом районе гораздо сложнее из-за того, что древняя речная сеть была здесь сложной и хорошо развитой. Морская вода 6—7 тыс. лет назад заполнила все глубокие разработанные долины рек, проникая по ним на юг. Бывшие речные водоразделы, наиболее высокие участки на равнине, превратились в острова. Вода отрезала район Семеновского мелководья, наполнив канал, соединявший Яну и Восточную Лену. Через 6 тыс. лет от этих больших островов почти ничего не осталось. Последними осколками плейстоценовой Приморской равнины остались здесь острова Семеновский и Васильевский...

Наша экспедиция на судне «Иван Петров» внесла свой вклад в дело изучения арктических морей. Мониторинг их состояния пополнился новыми данными о термохалинной и гидрохимической структуре морской воды, пелагических и донных биоценозах; о новых видах, плотности поселений и биомассе донной фауны. Эти сведения жизненно необходимы для понимания современной климатической ситуации Арктики — «кухни погоды» Северного полушария. К тому же экспедиция БАРКАЛАВ-2008 позволила приблизиться к разгадке тайны Земли Санникова. ■

Литература

1. Гуков А.Ю. Экосистема Сибирской полярной пустыни. М., 1999.
2. Геденштром М.М. Записки о Сибири. Ч.1. СПб., 1829. С.44.
3. Врангель З.Ф. Путешествия по северным берегам Сибири и по Ледовитому океану, совершенные в 1820—1824 годах. СПб., 1841.
4. Сакс В.Н. Четвертичный период Советской Арктики. Т.77. М., 1953.

Еще раз о медведях и фотографах

А.В.Кречмар,
кандидат биологических наук
Институт биологических проблем Севера ДВО РАН
Магадан

«Почему медведи не любят фотографов» — так называлась небольшая статья Л.М.Баскина, в которой приведены истории трагической гибели людей, пострадавших от хищника [1]. Я решил прокомментировать эту публикацию, поскольку, на мой взгляд, в ней затронуты значительно более широкие аспекты поведения и экологии диких животных. Эта тема мне близка еще и потому, что уже более 40 лет (с 1966 г.) я ежегодно веду полевые исследования в различных северо-восточных регионах России и нередко оказываюсь в тех местах, где численность медведей весьма высока. Довелось побывать и на Камчатке. Будучи по специальности орнитологом (а не териологом) я, тем не менее, всегда интересовался особенностями экологии этого замечательного зверя, причем полагался в основном на собственные наблюдения, по минимуму прибегая к опросным сведениям, которые не всегда бывают объективными [2—5]. К тому же все эти годы я с увлечением занимался фотографированием зверей и птиц в природной обстановке и изобрел особый метод автоматической фотосъемки, позволяющий получать портреты зверей, не беспокоя их [6]. Хотя я не профессиональный фотограф, сотни сделанных мной фотографий зверей и птиц использованы для иллюстрирования отечественных и зарубежных изда-



Портрет медведя с кетой. Бассейн р.Кава, июль 1994 г. Автоматические фотоаппараты, установленные на остатках добычи медведей, позволяют получать крупноплановые снимки, не беспокоя зверя.

ний и вышло три фотоальбома [7—9]. Пишу все это не ради саморекламы, а чтобы стало понятно, что у меня есть полное право достаточно квалифицированно судить о затронутой Баскиным проблеме.

Прежде всего нужно отметить, что за последние 40 с лиш-

ним лет ситуация с медведями во многих дальневосточных регионах России заметно изменилась. В 60-е годы прошлого века в среднем течении Колымы эти животные, хотя и были достаточно многочисленными, вели себя по отношению к человеку крайне осторожно. Хотя я еже-

© Кречмар А.В., 2009



Медведи весь день пасутся в приохотской тундре, поедая стебли и соцветия бобовых. Полуостров Пьягина, июнь 2008 г.

годно работал в поле, что называется «от снега до снега» (не менее шести месяцев), хорошо, если удавалось увидеть медведя один-два раза за весь полевой сезон. Столь же осторожны были эти звери в начале 70-х и в среднем течении р.Омолон — наиболее крупного правого притока Колымы. Даже в верхнем течении Анадыря с богатыми нерестилищами кеты в августе—сентябре 1970 г. мне удавалось видеть медведей лишь изредка, самое короткое время и всегда в глубоких сумерках. Об отношении их к людям в те годы можно судить хотя бы на основании такого конкретного примера. Прилетев на вертолете 29 июня 1971 г. на побережье залива Внутреннего (п-ов Тайгонос) в совершенно безлюдное место, сразу после высадки за однодневную экскурсию я встретил 10 медведей. В дальнейшем мы работали в этом месте целый месяц, време-

нами отстреливая птиц для коллекции. Этого фактора беспокойства оказалось достаточно, чтобы животные вскоре стали столь скрытными, что их удавалось увидеть далеко не каждый день, да и то обычно с большого расстояния — в горах или на морском берегу. Крайне осторожно эти хищники вели себя даже у недооленной добычи (кучи рыбы, останков лося или оленя), которую обычно прикапывают и охраняют, устраивая поблизости стационарную лежку, от других медведей и прочих любителей поживиться на дармовщинку. Я нередко использовал такие места для установки около них автоматических фотоаппаратов с мощными электронными или химическими осветителями, осторожно подходя туда, будучи нагруженным громоздкой и тяжелой аппаратурой. Нередко я специально организовывал такую приваду, которую звери ча-

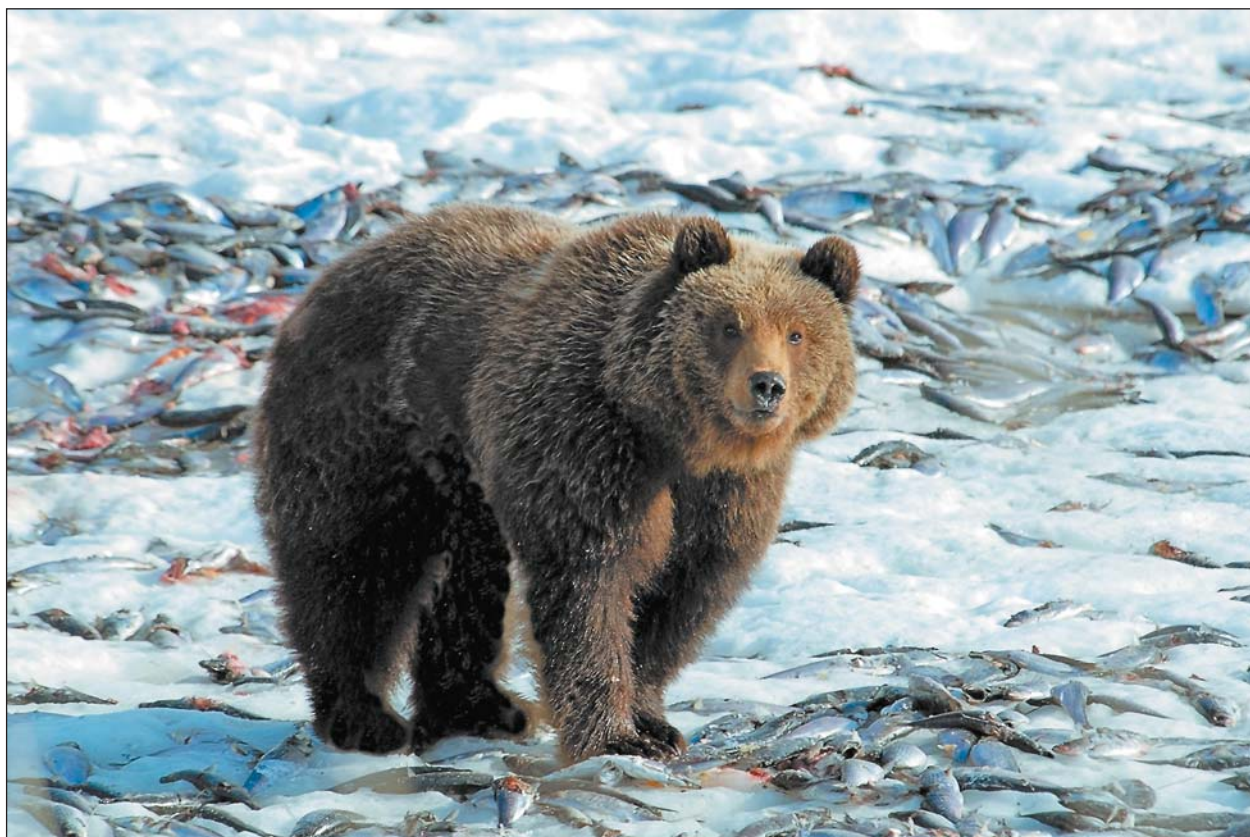
ще всего охотно использовали. Уже после установки фотоаппаратов мне, естественно, приходилось повторно посещать это место, иногда даже неоднократно. Так вот, несмотря на то, что мне случалось подходить к охранявшим добычу медведям многие десятки раз, соблюдая предельную осторожность, они всегда заблаговременно покидали свой сторожевой пост и незаметно удалялись, хотя, судя по крикам птиц (кукш и кедровок), обычно находились где-то поблизости. В те годы крупные самцы лишь пару раз осмеливались делать агрессивные выпады для защиты своей «собственности». Естественно, что ни о какой возможности хорошо сфотографировать медведя с подхода даже с помощью телеобъектива, не говоря уж о широкоугольном объективе, в тот период не приходилось и мечтать. Если не нужно было заниматься установкой



Залив Шелихова, мыс Надежды, июнь 2007 г. Особенно охотно медведи посещают устья ручьев, впадающих в дальневосточные моря.



Медведица спокойно пасется в зарослях бобовых, а приближающимся человеком заинтересовались только годовалые медвежата. Полуостров Пьягина, июнь 2008 г.



При таком изобилии пропадает всякая агрессивность. Бухта Пестрая Дресва, конец мая 2007 г.

фотоаппаратов у остатков добычи этих хищников, мы в 70-е годы совершенно безбоязненно совершали длительные экскурсии по самым «медвежьим» местам, не утруждая себя ношением тяжелого и неудобного ружья или карабина.

Летели годы, шли десятилетия, и ситуация постепенно менялась. Особенно заметными стали эти изменения на рубеже XX—XXI вв. Медведи все чаще и чаще попадают на глаза в дневное время, нередко ведут себя безбоязненно, обращая мало внимания на разного рода антропогенные факторы. Особенно это заметно в устьях нерестовых речек и ручьев на охотоморском побережье, где звери иногда открыто конкурируют с людьми на поприще рыбной ловли. Медведи даже заходят на окраины поселков и кормятся на помойках и огородах. Более того, в самые по-

следние годы появилась устойчивая популяция этого хищника на п-ове Старицкого рядом с Магаданом, а ведь, чтобы попасть туда звери неизбежно должны пройти по окраинам города. Хотя специальных научно обоснованных учетов медведей в дальневосточных регионах не проводилось, создалось впечатление, что численность этих животных к началу XXI в. заметно возросла.

В связи со всем этим чрезвычайно расширились возможности у фотографов-анималистов (чему способствовало также и стремительное развитие цифровой фотографии, принципиально упростившей сам процесс съемки). Стало реально, а иногда даже достаточно просто фотографировать медведей из засады и с подхода у мест рыбалки, во время кормежки на лугах, в кедровом стланике, на морской литорали и в других, ино-

гда очень выигрышных, ситуациях. В отдельных случаях можно использовать не только теле-, но и нормальные и даже широкоугольные объективы, т.е. снимать с самого близкого расстояния. В начале текущего столетия я и сам, даже не отправляясь на легендарную «медвежью» Камчатку, смог убедиться в этом вблизи побережья Тауйской губы и залива Шелихова Охотского моря.

Какова же причина столь разительной перемены отношения медведя к человеку, произошедшей в последние 40—50 лет? На мой взгляд, это связано прежде всего с традиционной деятельностью населения дальневосточных окраин России. В середине прошлого века даже в самых глухих уголках еще существовало какое-то количество небольших поселков, входивших в состав совхозов и колхозов, значительная часть населения которых за-

нималась оленеводством, рыболовством и пушным промыслом. Кроме того, в то время практически повсюду работали разного рода экспедиции — геологические, топографические, землеустроительные и др. Существовала широко развитая сеть мелких метеостанций. Низкие цены на бензин и использование подвесных моторов способствовали развитию маломерного флота, и по многим рекам, часто несмотря на их мелководность и трудные условия навигации, регулярно курсировали моторки. В бассейне Охотского моря процветал зверобойный промысел, и оснащенные самым современным оружием охотники не упускали случая высадиться на берег для охоты на медведей и снежных баранов, а то и просто стреляли зверей непосредственно с вельботов. Словом, в тайге и на побережье в то время с разными целями находилось довольно много вооруженных людей, в массе своей рассматривавших всякого зверя как законную добычу, которая могла внести разнообразие в их рацион, состоявший нередко из приевшихся консервов, крупы и рыбы.

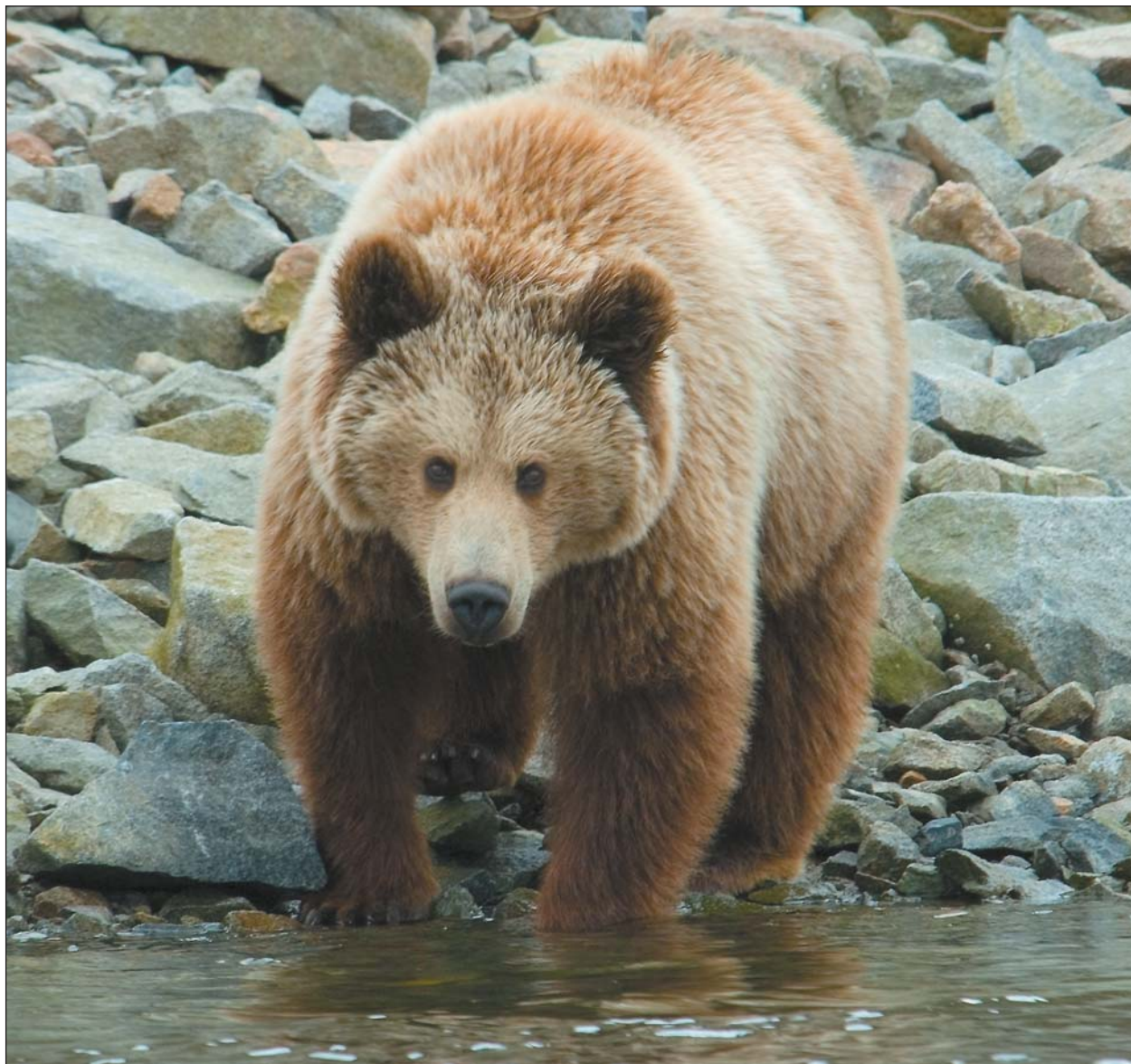
Несмотря на действовавшие в те годы суровые ограничения на владение нарезным охотничьим оружием, многие таежные люди были вооружены винтовками и карабинами: работникам многочисленных экспедиций выдавалось ведомственное оружие, а промысловые охотники имели особые льготы на его приобретение и использование. Кроме того, что греха таить, на руках у жителей тайги было в то время и много подпольного, нигде не зарегистрированного, оружия, нередко оставшегося еще с дореволюционных и военных времен. Проконтролировать этих таежных людей власти не могли, а часто, вероятно, и не хотели. Для отстрела медведей в те годы не требовалось специальных лицензий, официально считалось, что нужно только соблюдать сроки охоты на этих зверей, к чему власти обычно относи-

лись не очень придирчиво. Ведь медведи испокон века считались хищниками, опасными для домашних животных и даже для человека. Поэтому люди в те годы стреляли в медведей не задумываясь: «закон — тайга, медведь — хозяин». Однако на самом деле медведь тогда не был в тайге хозяином, а занимал почти всюду подчиненное положение.

С годами ситуация на Дальнем Востоке менялась. Поселки укрупнялись, людей старшего поколения, привыкших к жизни в тайге, становилось все меньше и меньше. Молодое поколение коренных народов, воспитанное в интернатах, как правило, не хотело возвращаться к традиционному образу жизни, задерживалось в поселках, перебиралось в города и нередко деградировало и спивалось. Заметно сократилась сеть метеостанций, принципиально уменьшилось количество геолого-разведочных и прочих экспедиций. Сильно сократился спрос на пушнину, которая в СССР была одним из основных источников иностранной валюты в государстве. Это неизбежно привело к сокращению количества промысловых охотников и не способствовало заинтересованности людей в освоении отдаленных уголков. Прекратился промысел ластоногих на Охотском море, в связи с резким подорожанием бензина и лодочных моторов многократно сократился маломерный флот. К тому же для отстрела медведей уже довольно давно требуются специальные лицензии, которые стоят довольно дорого. Да и отстрел медведей для обычных охотников в последние годы потерял смысл: мясо стало опасно употреблять в пищу из-за широко распространившегося в последние десятилетия трихинеллеза, а шкуры, которые сложно снять и обработать, потом трудно сбыть. В итоге многочисленных охотников-одиночек, рассеянных по тайге и морскому побережью, сменили редкие охотники-профессионалы, ра-

ботающие в туристических фирмах, которые устраивают охоты для состоятельных клиентов из разных районов России, а чаще из-за рубежа. Такие турфирмы заинтересованы в отстреле лишь немногих, но рекордных по размеру экземпляров медведей, а также в общем процветании медвежьих популяций на арендованных территориях.

Все это и привело к тому, что за последние 40—50 лет взаимоотношения человека и медведя во многих восточных регионах России сильно изменились. Если в середине прошлого века хищник занимал явно подчиненное положение и отнюдь не был в тайге «хозяином», то в конце 20-го — начале 21-го столетий во многих местах медведи стали чувствовать себя «на равных» или вообще «хозяевами». Столь быстрая смена, казалось бы, врожденных поведенческих реакций у крупных млекопитающих не считается чем-то из ряда вон выходящим и проиллюстрирована несколькими примерами, приведенными в последних работах американских и норвежских ученых [10]. Без всякого сомнения, именно социальная мотивация — основная причина необычно смелого и даже вызывающего поведения медведей. Если около полувека назад инстинктивный страх перед человеком, как правило, в корне подавлял демонстрацию доминирования, то сейчас даже не очень крупные самцы сплошь и рядом не уступают людям дорогу и стараются показать, что они тут главные. Весной и летом 2007 и 2008 гг., работая на побережье залива Шелихова в северной части Охотского моря, я многократно наблюдал за взрослыми самцами медведя. Заметив человека в 50—60 м, зверь прерывал свои занятия, пристально всматривался в нарушителя спокойствия, как бы оценивая степень исходящей от него опасности. Затем в одних случаях медведь, не торопясь и часто останавли-



Нападающий медведь добежал до протоки и остановился перед водной преградой. Полуостров Пьягина, июнь 2008 г.

ваясь, отходил по своим следам, пока не скрывался из вида. В других же случаях зверь начинал медленно и осторожно сближаться, чаще не прямо, а обходя стороной. На мои попытки отогнать животное выстрелами в воздух или даже в землю у его ног некоторые медведи не реагировали совсем, даже не вздрагивали и продолжали двигаться в прежнем направлении. Мирно разрешить ситуацию удавалось, если, очень медленно пятясь назад, удалиться таким образом на 100–150 м, а затем

неторопливо отойти на безопасное расстояние. После этого зверь обычно не убегал, а еще долгое время находился вблизи места встречи, спокойно и демонстративно занимаясь своими делами.

Однажды медведь, увидев меня в сотне метров, недовольно пыхтя, решительно направился в мою сторону и остановился только на самом берегу разделявшей нас довольно глубокой протоки, шириной не более 30 м. Я спокойно фотографировал зверя, стоя на самой

кромке противоположного берега, причем тот дважды входил в воду, но, проплыв несколько метров, всякий раз возвращался обратно. Полностью переплыть протоку, чтобы напасть на меня, зверь все-таки не решился, но после того как я медленно удалился к своему лагерю, который находился неподалеку, медведь еще несколько часов лежал на склоне противоположного берега протоки и внимательно следил за тем, что происходит на полевой базе. Как показали мои многочисленные наблюде-

ния, сделанные с помощью бинокля или подзорной трубы, подобной стратегии придерживаются самцы медведей и при встречах друг с другом. До прямых столкновений дело у них доходит сравнительно редко, обычно когда два примерно равных по силе зверя не могут поделить какую-либо падаль.

Во всех подобных случаях у меня в руках был фотоаппарат с телеобъективом, и при таком поведении медведя как-то не возникало желания приблизиться к нему, чтобы сфотографировать с более близкого расстояния. Правда, мне это удалось в 2001—2005 гг., когда я подкарауливал хищников у куч испорченной и выброшенной рыбы. На пути к приваде один крупный зверь систематически и демонстративно проходил на расстоянии буквально нескольких метров от меня, после чего переплывал узкую речушку и часами кормился рыбой на ее противоположном берегу. Считаю своим долгом заметить, что во время всех экскурсий, связанных с фотографированием медведей, я всегда имел при себе наготове надежное оружие и рекомендую это всякому, кто занимается фотографированием этих хищников в природе. В последние годы мне, к счастью,

не приходилось стрелять непосредственно в медведей, но прежде, когда я систематически устанавливал автоматические фотоаппараты у останков добычи, наличие под рукой оружия не раз спасало меня от крупных неприятностей.

Надо помнить, что многие из этих животных обладают ярко выраженной индивидуальностью и часто ведут себя непредсказуемо. Фотографы, стремясь получить хороший снимок с как можно более близкого расстояния, иногда забываются и «перегибают палку», что и случилось с известным фотографом-«медвежатником» Виталием Николаенко. В августе 1987 г. у меня состоялся с ним разговор. С большой убежденностью Виталий заявил, что прекрасно изучил повадки медведей, поэтому на съемки «никогда не берет с собой не только карабин, но даже пистолет». Пистолет, конечно, можно и не брать, а вот ружье или карабин нужно иметь под рукой обязательно. Пренебрежение этим правилом в итоге закончилось для Виталия трагически, что и было описано Баскиным. Говоря о сложности поведения медведя и его взаимоотношениях с человеком, нельзя сводить все только к стремлению зверя к доминированию

или защите добычи. Он, несмотря на свою всеядность, остается сильным хищником, иногда нападающим на крупных млекопитающих — вплоть до лося. В случае с Мичио так, скорее всего, и вышло. Конечно, у медведей существует индивидуальное распознавание людей, в чем я неоднократно убеждался сам, и данный зверь обратил особое внимание на Мичио как на наиболее легкую добычу, выждал подходящий момент — и напал. Об этом говорит и все его дальнейшее поведение. Случаи нападения медведей на людей как на добычу хотя и весьма редки, но происходили во все времена. Мне, например, известны два достоверных случая нападений разных медведей на военнослужащих на территории того же Кроноцкого заповедника на Камчатке, произошедшие в 80-е годы. В одном случае зверь убил и полностью съел безоружного человека в ближайших окрестностях станции ПВО, в другом убил и закопал солдата прямо вблизи пограничной заставы, но не успел воспользоваться своей добычей — был застрелен пограничниками. А ведь эти люди совсем не были фотографами-анималистами и уж конечно не стремились приблизиться к медведям. ■

Литература

1. Баскин Л.М. Почему медведи не любят фотографов // Природа. 2007. №12. С.84—86.
2. Кречмар А.В., Кречмар М.А. // Экология. 1992. №3. С.66—74.
3. Кречмар А.В., Кречмар М.А. Особенности пространственного распределения бурого медведя (*Ursus arctos* L.) в среднем течении р.Анадырь. // Фауна и экология промысловых зверей северо-востока Сибири. Владивосток, 1993. С.50—60.
4. Чернявский Ф.Б., Кречмар А.В., Кречмар М.А. Север Дальнего Востока // Медведи — Bears / Ред. М.А.Вайсфельд, И.Е.Честин. М., 1993. С.318—348.
5. Кречмар А.В. Дальневосточный гастроном, или пищевые пристрастия бурого медведя // Природа. 2003. №3. С.44—51.
6. Кречмар А.В. Автоматическая фотосъемка в экологических исследованиях. М., 1978.
7. Кречмар А.В., Забродин В.А. Животный мир Севера России. М., 1987.
8. Кречмар А.В. The Birds of North Siberia. Tokyo, 1996. Англ. яз. Яп. яз.
9. Кречмар А.В. Звери и птицы северо-востока Азии. Магадан, 2006.
10. Berger J., Swenson J.E., Persson I.-L. // Science. 2001. V.291. №5506. P.1036—1039.

Упрямый Галилей

Философ. Ваше высочество, дамы и господа, я могу только вопрошать себя, к чему все это поведет?

Галилей. Полагал бы, что мы, ученые, не должны спрашивать, куда может повести истина.

Философ. Господин Галилей, истина может завести куда угодно!

Бертольд Брехт. Жизнь Галилея

Ему мало было Бога — он привлек в доказательство математику.

Торнтон Уайлдер. Мост короля Людовика Святого

И.С.Дмитриев

Великого тосканца Галилео Галилея, чей жизненный путь начался в 1564 г. в Пизе и завершился в 1642 г. в Арчтри, близ Флоренции*, по праву называют одним из основателей современного естествознания. Ему принадлежит ряд замечательных открытий в физике: закон равноускоренного движения, закон движения тела, брошенного под углом к горизонту, закон независимости периода собственных колебаний маятника от амплитуды этих колебаний (закон изохронности колебаний маятника) и т.д. Кроме того, с помощью сконструированного им телескопа он сделал несколько важных астрономических открытий: фаз Венеры, спутников Юпитера и др. Однако сколь бы ни были велики его заслуги в конкретных науках, не менее, а в исторической перспективе даже более значимо другое — в его трудах рождалась методология новой науки. Достижения Галилея — это не просто совокупность, пусть и очень важных, открытий в области астрономии и механики, но труд, запечатлевший глубокие изменения в отношении теоретика к своему предмету во всей его радикальности и культурной обусловленности.

* Биографические сведения о Галилее читатель может получить из книг: Кузнецов Б.Г. Галилей. М., 1964; Штекли А.Э. Галилей. М., 1972 (Сер. «Жизнь замечательных людей»); Фантоли А. Галилей: В защиту учения Коперника и достоинства Святой Церкви / Пер. с итал. А.Брагина. М., 1999.



Игорь Сергеевич Дмитриев, доктор химических наук, директор Музея-архива Д.И.Менделеева Санкт-Петербургского государственного университета, профессор философского факультета. Историк науки. Автор монографий, посвященных жизни и творчеству И.Ньютона, Г.Галилея, Н.Коперника, Д.И.Менделеева, а также прошлого и настоящему квантовой химии, истории создания коксобензолной промышленности в России и др.

«Часто утверждают, — писал А.Эйнштейн, — что Галилей стал отцом современной науки, заменив умозрительный дедуктивный метод экспериментальным, эмпирическим методом. Думаю, однако, что подобное мнение не выдерживает более внимательной проверки. Не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживался бы эмпирический материал, на котором они строятся... Экспериментальные методы, которыми располагал Галилей, были столь несовершенны, что только с помощью чистого мышления можно было свести их в единое целое...» [1. С.342].

В основе Галилеевой методологии лежит представление о том, что исследователь изобретает нереальные (часто экстремальные) ситуации, к которым применимы его понятия (масса, скорость, мгновенная скорость и т.д.), и тем самым понимает физическую суть реальных процессов и явлений [2. С.171].

Опираясь на этот подход, Галилей не только выстраивал здание классической механики, но и защищал физическую истинность гелиоцентрической теории Н.Коперника. Он был одним из самых активных сторонников и пропагандистов этой теории, что вызвало реакцию не только со стороны астрономов-традиционалистов, но и глубокую озабоченность со стороны теологов и ученых клириков. Они использовали библейский текст (причем понятый буквально) для атаки на гелиоцентризм вообще и на Галилея как наиболее последовательного и активного сторонника коперниканского учения в особенности. Галилей меньше всего хотел ввязываться в теологическую полемику, полагая, что его задача — устанавливать

научные факты, а соотносить их с библейским текстом — дело ученых-богословов. Однако события развивались совсем не так, как ему того хотелось.

Увещание Галилея

В пятницу 19 февраля 1616 г. одиннадцати экспертам (консультантам и квалификаторам) Инквизиции (Святой Службы) были представлены для формального заключения два положения, вобравшие в себя суть гелиоцентрической теории Коперника:

«Предложения, подлежащие цензуре:

Первое: Солнце находится в центре мира и совершенно неподвижно в отношении перемещений;

Второе: Земля — не центр мира и не неподвижна, но движется как целое, а также совершает точное обращение» [3. P.320—321].

Святая Служба *должна была* дать точную теологическую квалификацию основным положениям теории Коперника хотя бы потому, что обсуждение этой теории вышло за рамки чисто астрономических дебатов и приняло публичный характер, причем дело дошло до прямых обращений в Инквизицию.

Уже в среду 24 февраля 1616 г. на пленарном заседании экспертов официальный ответ был утвержден. Таким образом, эксперты и консультанты, не будучи компетентными в вопросах астрономии, в короткий срок вынесли беспепелляционное суждение: гипотезы Коперника, рассматриваемые как утверждения, претендующие на физическую истину, признавались «глупыми и абсурдными» (*stultam et absurdam*). С теологической же точки зрения первая гипотеза квалифицировалась как «формально еретическая», а вторая — как ошибочная в вере [3].

В соответствии с принятой терминологией выражение «формально еретическая» — одна из самых жестких цензурных формулировок — означало, что данное утверждение противоречит *доктринальным* положениям католической веры. В данном случае использование этого выражения свидетельствовало о том, что эксперты Инквизиции считали традиционное положение о движении Солнца вокруг Земли доктринальным, находящим свое подтверждение в текстах Священного Писания и Святых Отцов. Выражение «ошибочная в вере» — более мягкое — означало, что рассматриваемое утверждение (в данном случае — о движении Земли), хотя и не противоречит прямо Священному Писанию и «согласному мнению Святых Отцов», однако не согласуется с общепринятым мнением теологов. После оглашения экспертного заключения папа Павел V позвал к себе кардинала Беллармино и говорил с ним о Галилее. Вполне вероятно, что это Беллармино предложил Павлу V прибегнуть в отношении Галилея к самой



Портрет Галилео Галилея. Работа О.Леони. 1624 г.

мягкой мере воздействия (или по крайней мере с нее начать) — увещанию.

В четверг 25 февраля 1616 г. состоялось обычное еженедельное собрание кардиналов Инквизиции. Как сказано в протоколе, «Святейший Отец, ознакомившись с результатами цензуры отцов-теологов... повелел Его Высокопреосвященству кардиналу Беллармино вызвать Галилея и предупредить последнего о необходимости отказаться от подобных утверждений, а в случае неповиновения комиссар Инквизиции в присутствии нотариуса и свидетелей должен отдать ему приказ воздержаться от преподавания и распространения этого учения, а также от его разъяснения; в случае же отказа он будет подвергнут тюремному заключению» [3].

Ни папа, ни Беллармино не сомневались в чистоте веры Галилея и не испытывали к нему никаких враждебных чувств. Они учитывали также его европейскую известность, обширные связи и, конечно, то, что он был «первый математик и философ Великого герцога Тосканы». Все это вместе взятое отнюдь не толкало их, особенно Беллармино, к жестким мерам. Увещания, по мнению кардинала, было вполне достаточно, чтобы охладить пыл Галилея и вместе с тем не нанести ущерба его репутации и не обидеть тосканского правителя Козимо II.

В пятницу 26 февраля 1616 г. состоялась встреча Галилея с кардиналом Беллармино в его дворце. Но разговор получился странным. Фактически Галилею были сделаны и увещание, и предостере-



Статуя папы Павла V в капелле Боргезе римской базилики Санта Мария Маджоре (Santa Maria Maggiore). Работа С. Лонги.

Фото И.С. Дмитриева

жение, и предписание, что, строго говоря, нарушало решение Павла V, которое предусматривало определенную последовательность действий. Согласно сценарию верховного понтифика, предписание должно было быть сделано только в случае «неповиновения». На деле же, как только кардинал окончил увещание, комиссар Инквизиции, не дав сказать Галилею ни слова, сразу перешел к запретам преподавать и защищать коперниканское учение [4].

5 марта 1616 г. папа Павел V одобрил Декрет, согласно которому книга Коперника «Об обращении небесных сфер» временно запрещалась до ее исправления.

Урбан VIII

Теперь Галилею ничего не оставалось, как терпеливо ждать изменений. Рим, конечно, город вечный, но не его обитатели. Действительно, спустя несколько лет ситуация и в Риме, и во Флоренции стала меняться. Великий герцог Козимо II скончался 28 февраля 1621 г. Его сменил сын, Фердинандо II, которому едва исполнилось 10 лет,

и потому эрцгерцогиня Мария Магдалина, мать Фердинандо, стала регентшей. В том же 1621 г. в лучший из миров перешли папа Павел V и кардинал Беллармино. Новый папа — 67-летний Алессандро Лудовизи из Болоньи, больной и слабый, — занял престол Св. Петра 9 февраля 1621 г. под именем Григория XV, а 8 июля 1623 г. скончался. Выборы нового верховного понтифика шли туго. Только 6 августа 1623 г. 50 из 55 прелатов проголосовали за пятидесятипятiletнего Маффео Барберини, который взял себе имя Урбан VIII (1568—1644; понтификат: 1623—1644).

Новый папа не принадлежал к знатному роду, он был сыном тосканского торговца. Поэтому, став кардиналом, а впоследствии заняв престол Св. Петра, Барберини сделал все, чтобы «облагородить» свое происхождение. Он, к примеру, сменил неброский и в глазах знати «плебейский» семейный герб — слепни на красном поле — на новый, аристократический: три золотые пчелы на голубом фоне. Взяв себе имя Урбан, Барберини подчеркнул преемственность своего понтификата с понтификатом Урбана II (1042—1099; папа с 1088 г.), одного из главных инициаторов Первого крестового похода (1095—1099). Тем самым новый понтифик давал понять, что возглавляемая им Церковь — воинствующая и торжествующая, что в условиях Тридцатилетней войны и противостояния с протестантской Европой было нелишним.

Урбан VIII был человеком умным, деятельным и хорошо образованным. Многие восприняли его избрание верховным понтификом как начало золотого века. Что же касается отношения Урбана к теории Коперника, то в принципе оно вполне укладывалось в «стандартную» для папской курии позицию, с тем лишь (впрочем, немаловажным) отличием, что любая астрономическая теория (Коперника, Тихо Браге или Птолемея), по мнению нового понтифика, — не более чем гипотеза, ибо Творец своим всемогуществом может свершить все, что Ему будет угодно, а слабому человеческому уму не дано постичь тайну Господа, Его божественную волю и тайну божественного творения.

Иными словами, Урбан, стоя на позициях «теологического скептицизма», требовал от Галилея признания:

— необходимости учета наряду с естественной причинностью также причинности иного рода, а именно сверхъестественной;

— не просто ограниченности человеческого понимания природной реальности, но и принципиальной непознаваемости истинных причин природных явлений.

Человеку не дано построить истинную «систему мира». Поэтому, если натурфилософское утверждение противоречит библейскому тексту и это противоречие оказывается неразрешимым для человеческого разума, то в этом случае, по мнению Урбана VIII, следует опереться на иной довод. Предпочтительной следует признать

теорию, наилучшим образом согласующуюся с буквальным пониманием Священного Писания и с теологической традицией, ибо Библия — единственный источник достоверного знания.

К Галилею Урбан относился с большой симпатией. Он в меру своих возможностей защищал его в 1616 г. и поддерживал теплые отношения с ним после увещания. 20 августа 1620 г. Маффео Барберини посвятил Галилею оду, в которой с восхищением писал об астрономических открытиях тосканского математика и которую подписал довольно необычно — *come fratello* (как брат).

Однако Галилей не разделял воззрений понтифика на научное познание, полагая, что все, недоступное человеческому разуму, следует устранить из натуральной философии. В частности, теологические доводы не должны приниматься во внимание в натурфилософских рассуждениях, потому что Бог наделил человека способностью познавать земной мир (пусть даже в ограниченных пределах). В этом смысле галилеева наука не может претендовать на познание истинных божественных замыслов и путей их реализации, ее цель скромнее — дать модель явления (как мы бы сегодня сказали), наделенную «внешним оправданием» и «внутренним совершенством».

Исходя из этих принципов, Галилей приступил к написанию одного из своих самых главных сочинений, которое первоначально называлось «Диалог о морских приливах и отливах» (далее сокращенно *Dialogo*), поскольку, по мысли тосканского ученого, приливное действие обусловлено в первую очередь движением Земли и потому может служить доказательством этого движения.

Imprimatur

К январю 1630 г. пятисотстраничная рукопись *Dialogo* была готова. Друзья Галилея — Б.Кастелли и Дж.Чьямполи — переговорили с Н.Риккарди, управляющим Святым Дворцом и главным цензором Ватикана, и сообщили, что трудностей с публикацией не будет. Следовательно, Галилею нужно было как можно скорее отправиться из Флоренции, где он жил, в Рим, чтобы получить там *Imprimatur* — цензурное разрешение — и договориться с типографом.

Вечером 3 мая 1630 г. Галилей прибыл в Рим. Рукопись книги он лично передал Риккарди, который, в свою очередь, отдал ее своему помощнику доминиканцу Р.Висконти, интересовавшемуся астрономией.

Галилей надеялся, что сила его доводов в пользу движения Земли окажется столь велика, что Урбану VIII придется признать правильность учения Коперника. Тосканскому же двору Галилей сообщал (и, возможно, сам тому верил), что кое-каких успехов он уже добился. Однако результата цензуры пришлось ждать почти полтора месяца. Нако-



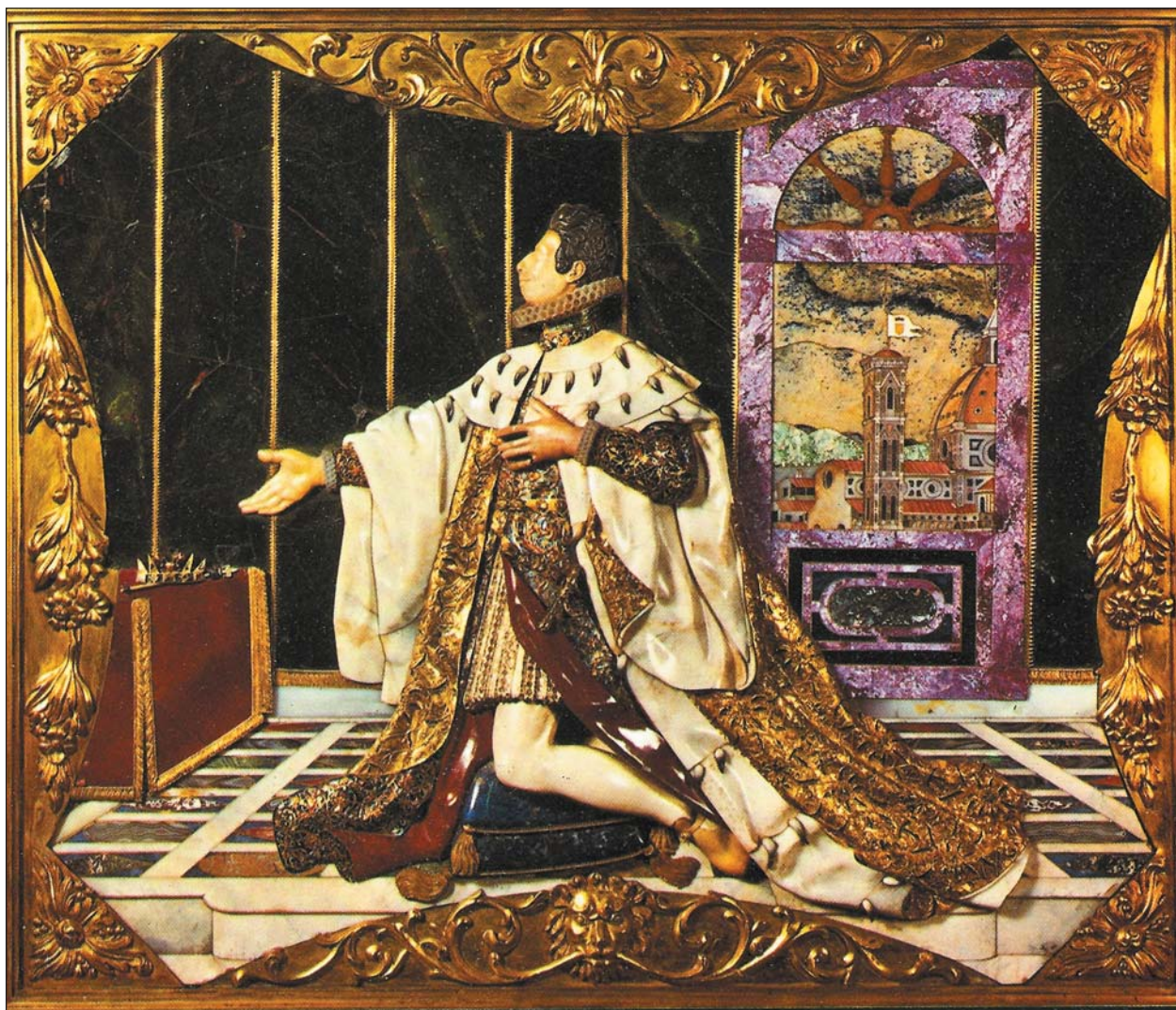
Кардинал Р.Беллармино. Церковь Св. Игнатия в Риме. Работа неизвестного мастера.

нец, в воскресенье 16 июня 1630 г., Галилей получает следующее известие от Висконти:

«Отец Управляющий [Риккарди] целует Ваши руки и говорит, что книга ему понравилась и что завтра утром он поговорит с папой о фронтисписе. Что касается остального, то после исправления некоторых мелочей, подобных тем, что мы уже исправили вместе, он передаст вам книгу».

В этой записке обращает на себя внимание фраза: «после исправления некоторых мелочей, подобных тем, что мы уже исправили вместе». Галилей явно понравился Висконти, который попал под обаяние личности и изобретательной риторики тосканца. Они совместно изменили несколько фрагментов *Dialogo*, после чего рукопись была возвращена Риккарди. Тот остался доволен внесенными исправлениями, хотя со своей стороны добавил еще кое-какую правку. Теперь оставалось обсудить с Урбаном VIII фронтиспис. Казалось бы, все складывалось как нельзя лучше, и когда Галилей 26 июня 1630 г. покидал Рим, он был исполнен самых радужных надежд.

По версии Галилея, он получил от Риккарди «полноценный» *Imprimatur* и все его дальнейшие заботы касались только составления указателя, посвящения, мелких исправлений и отправки рукописи своему другу князю Чези, который согла-



Тосканский герцог Козимо II. Мозаика (золото, драгоценные и полудрагоценные камни). Работа О.Моки и Дж.Биливерта.

сился взять на себя все последующие хлопоты по ее изданию, но никак не Риккарди. И только когда целый ряд обстоятельств, о которых пойдет речь далее, сорвали эти планы и Галилей решил печатать книгу во Флоренции, а не в Риме, Риккарди поднял вопрос о повторной цензуре *всей* рукописи. По версии же Риккарди, Галилей получил лишь предварительный или, лучше сказать, условный *Imprimatur* и потому отец Мостро* ждал от Галилея рукопись (замечу — *всю* рукопись!) с внесенными в нее новыми исправлениями. Кто прав?

Думаю, свидетельство Риккарди заслуживает большего доверия, чем версия Галилея. Тосканский математик либо что-то забыл или перепутал (что маловероятно), либо сознательно изложил

* Это прозвище отцу Риккарди дал испанский король Филипп III. По-итальянски *mostro* означает чудовище и чудо. Возможно, прозвище отражало как тучность отца Риккарди, так и его дар красноречия и изумительную память.

более приемлемую для себя версию событий. Галилей умалчивал о выдвинутом Риккарди условии — текст рукописи с новыми исправлениями и добавлениями должен быть привезен Галилеем в Рим для цензурного просмотра и получения окончательного разрешения на издание.

Риккарди понимал, что цель *Dialogo* — доказать истинность коперниканской теории и потому, принимая во внимание как теологические аргументы против коперниканства, так и взгляды и настроение верховного понтифика, настаивал, чтобы о гелиоцентризме говорилось лишь как о математической гипотезе, но не как о физической истине. Ни о каком переубеждении Его Святейшества и речи быть не могло. Риккарди, который хотел угодить и Галилею, и (еще больше) Великому герцогу, и (еще более и, разумеется, прежде всего) Урбану VIII, выразил полное удовлетворение проделанной Галилеем и Висконти рабо-

той, но давать *Imprimatur* не торопился, он ждал личного распоряжения папы. И даже дав разрешение под давлением могущественных друзей и покровителей Галилея, не считал, что в разногласиях Галилея с цензорами поставлена последняя точка. Отец Мостро действовал дипломатично, постоянно твердя, что еще немного исправлений (ничего серьезного, так, мелочи!), еще одна консультация со Святейшим (опять-таки по предметам сугубо второстепенным, о фронтиспise, например), и книгу можно будет печатать.

Кроме того, ситуация в Риме к 1630 г. существенно отличалась от той, которую Галилей наблюдал шесть лет назад. Прежде всего, изменился сам Урбан VIII, на что были серьезные причины, о которых речь пойдет далее. Он стал более мнительным и раздражительным. Риккарди же как главный цензор Папской области должен был блюсти интересы веры и Святого Престола, поддерживая мнения Святейшего независимо от того, согласен он с ними или нет, тем более, что Урбан VIII был не таким человеком, которого легко обмануть или «заболтать» потоками искусного красноречия.

Через полтора месяца после возвращения из Рима Галилей получает известие о смерти князя Чези, последовавшей 1 августа 1630 г. Возглавляемая им *Accademia dei Lincei* оказалась в тяжелом положении и стала быстро приходить в упадок. Галилей потерял верного друга, а вместе с ним и надежды на издание *Dialogo* за счет Академии. Чези, с его обширными придворными связями и тонким пониманием того, что возможно, а что невозможно сделать в Ватикане, всегда был готов прийти Галилею на помощь.

Ситуация осложнялась и тем, что надвигавшаяся из Германии эпидемия бубонной чумы летом 1630 г. дошла до Тосканы. Поскольку связи с Римом из-за эпидемии и карантинных мер резко ухудшились и о пересылке объемной рукописи в римскую типографию, равно как и о поездке в Рим для наблюдения за процессом печатания не могло быть и речи, Галилей стал подумывать об издании *Dialogo* во Флоренции. Он обращается к отцу Мостро с просьбой разрешить публикацию книги там. Но выданный Риккарди *Imprimatur* имел силу только в пределах Папской области, поэтому Галилею нужно было получать новое разрешение в столице Тосканы.

Участливый друг Каstellи советовал принять условия Риккарди. Но это означало, что Галилей должен заказать еще одну копию *Dialogo*, на что ушло бы много времени и денег. Проще, как полагал Галилей, воспользоваться испытанным приемом — организовать давление на отца Мостро. Лучше всего через родственников цензора, особенно женского пола. И Галилей в конце сентября 1630 г. обращается с соответствующей просьбой к Катерине Риккарди-Никколини, которая доводилась отцу Мостро двоюродной сестрой и была замужем за тосканским послом в Риме Франческо



Кардинал Маффео Барберини, будущий папа Урбан VIII. Работа М.Караваджо. Около 1598 г.

Никколини. Кроме того, Галилей обращается за поддержкой к Великому герцогу Тосканы.

Разумеется, ученый оказался в драматической, можно даже сказать трагической, ситуации. Ему уже немало лет, скоро семьдесят, он потратил не один год, чтобы написать главную книгу своей жизни, преодолев массу трудностей, претерпев множество унижений и лишений ради того, чтобы истина о строении мира вышла на свет. Он не мог отступить, слишком многое было принесено в жертву этой истине. И, обремененный заботами о многочисленных родственниках, измученный артритом, теряющий зрение, Галилей в чумной Флоренции просит своего патрона об одном — помочь увидеть свой труд при жизни.

В итоге, после долгих переговоров, Галилей с помощью тосканского посла Никколини, Великого герцога и многих других людей, «дожал»-таки Риккарди. В середине августа 1631 г. разрешение на публикацию *Dialogo* было, наконец, получено. Однако Галилею были поставлены два условия: 1) заглавие должно быть изменено, в нем не должно упоминаться об отливах и приливах, чтобы не создавать у читателя впечатления, будто Галилей приводит доказательства движения Земли; 2) автору непременно следует привести аргумент Урбана VIII о божественном всемогуществе.



Дж. Чьямполи. Работа О.Леони.

Галилей выполнил, по крайней мере формально, оба условия. Он дал книге новое название: «Диалог Галилео Галилея... где в четырехдневных беседах ведется обсуждение двух Главнейших Систем Мира Птолемеевой и Коперниковой и предлагаются неокончательные философские и физические аргументы как с одной, так и с другой стороны», а также ввел «спасительную» концовку. Трактат завершается итоговыми репликами его участников: Симпличио (последователь Аристотеля и Птолемея), Сальвиати (рупор Галилея) и Сагрето («модератор» диспута). Симпличио, похвалив аргументацию Сальвиати, признается, что перед его «умственным взором всегда стоит надежнейшее и непоколебимейшее учение, некогда воспринятое... [им] от особы учнейшей, имеющей высокий духовный сан» [5. С.554] (т.е. речь идет о доводе Урбана VIII о божественном всемогуществе).

В феврале 1632 г. книга Галилея была отпечатана, и несколько экземпляров ее оказались в Риме.

Гнев Его Святейшества

Определенная доктринальная «гибкость», которую курия проявила по отношению к Галилею в 1616 г., была в немалой степени обусловлена относительной стабильностью политической ситуации в Европе в то время. Впрочем, политическое

равновесие накануне Тридцатилетней войны было непрочным, а следовательно, и недолгим.

В силу того, что Святой Престол постоянно пребывал в финансовом кризисе и потому не мог обеспечить надлежащую защиту своих владений в центре Италии, верховному понтифику, который был не только духовным главой католического мира, но и светским государем, правителем Папской области, приходилось тщательно выбирать себе союзников. Ватикан вынужден был постоянно маневрировать между испанскими и австрийскими Габсбургами, с одной стороны, и Францией, их давним противником, — с другой.

В 1631—1632 гг. в ходе Тридцатилетней войны шведский король, протестант, Густав-Адольф (правление: 1611—1632) нанес крупные поражения Католической лиге, которая оказалась в отчаянном положении. Успехи шведов в значительной степени объяснялись щедрой поддержкой со стороны Франции. По чисто политическим мотивам Ришелье помогал не католикам Габсбургам, а Протестантской унии, и по чисто политическим соображениям Урбан VIII предпочитал поддерживать Ришелье, а не Филиппа IV Испанского и не императора Фердинанда II, входивших в габсбургский блок.

После поражения при Брейтенфельде 17 сентября 1631 г., когда шведско-саксонские войска разбили войска Католической лиги, Мадрид и Вена начали лихорадочные поиски денег на продолжение войны, надеясь, что Урбан VIII все же окажет им финансовую поддержку. Для Испании на карту был поставлен вопрос — быть или не быть и далее великой державой, для Империи — сохранить или потерять свое влияние на западе и юге Европы. Однако верховный понтифик не торопился открывать для собратьев по вере сокровищницу замка *Sant' Angelo** (этого *Fort Knox* Ватикана), полагая — и не без основания, — что союз с Францией Святому Престолу много выгодней. Противостояние между Габсбургами и Урбаном достигло своей кульминации на консистории 8 марта 1632 г., когда испанский посол кардинал Гаспар де Борджиа, человек суровый и властный, лишенный всякой дипломатической гибкости, открыто обвинил Урбана VIII в потакании ересям и еретикам. В ответ Святейший пригрозил, что лишит его кардинальского звания, но угроза не возымела действия. Борджиа поддержали некоторые кардиналы. Тогда брат верховного понтифика кардинал Антонио Барберини направился к испанскому послу с намерением выставить его из зала. Однако едва он поднял руку, чтобы схватить Борджиа, как кардинал Колонна, представитель Империи, преградил ему путь, а остальные проис-

* Замок Святого Ангела сначала был мавзолеем Адриана (правление: 117—138) и других римских императоров, затем, с конца III в., — резиденцией пап, хранилищем ватиканской казны, ценностей и одновременно тюрьмой. В наши дни — архитектурный памятник-музей.

PHILOSOPHY VERSUS RELIGION AND SCIENCE VERSUS RELIGION 53

DIALOGO
 DI
GALILEO GALILEI LINCEO
 MATEMATICO SOPRAORDINARIO
 DELLO STUDIO DI PISA.
E Filosofo, e Matematico primario del
 SERENISSIMO
GR.DVCA DI TOSCANA.

Due ne i congressi di quattro giornate si discorre
 sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
 TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali
 tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI VILEGI.



IN FIRENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

3.1 Frontispiece of Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, 1632.



Первое издание Dialogo. Титульный лист и фронтиспис.

пански настроенные кардиналы окружили выступавшего плотным кольцом, чтобы тот смог договорить. Началась потасовка, одному кардиналу разбили очки, другому порвали шапку. Урбану VIII пришлось вызвать охрану для наведения порядка. Однако Борджиа удалось не только закончить выступление, но и раздать копии своего доклада присутствовавшим.

Кроме того, в это же время понтифик узнает о связях своего личного секретаря Чьямпони, друга Галилея, с происпанской партией. Имя Чьямпони становится для Урбана нарицательным, синонимом предательства.

Инцидент 8 марта 1632 г. стал поворотной точкой в более чем двадцатилетнем понтификате Урбана VIII. Выступление Борджиа потрясло нервного, мстительного и чувствительного к обидам папы. «Папа боится яда и удалился в *Castel Gandolfo*, — читаем в дипломатической депеше от 13 мая 1632 г. — Он заперся там и не принимает никого из тех, кому предварительно не была назначена аудиенция. Все дороги, ведущие в Рим, патрулируются» [6. P.336]. Были укреплены границы. *Castel Sant'Angelo* стал закрываться на час раньше. Был сменен управитель Рима. Все чиновники пап-

ской администрации были проверены на лояльность. Тех, чья преданность понтифику вызывала малейшие сомнения, под благовидным предлогом переводили на иные должности подальше от Рима. Подозрительность и отчаяние, мания величия и мания преследования, недоверие ко всем и легковерие к наветам поселились в папской резиденции. Святейший распорядился убить всех птиц в садах Ватикана, потому что их пение не давало ему уснуть. «Что-то надломилось в сердце Урбана VIII» [7. С.228].

И в этой нелегкой для курии ситуации, спустя считанные недели после инцидента в консистории, по Риму стали распространяться слухи о *Dialogo* Галилея. Поначалу Урбану было не до научных трактатов, и только в первой половине июня 1632 г. он обратил-таки внимание (или кто-то помог ему это сделать) на сочинение тосканского ученого.

Трудно сказать, что именно задело понтифика в *Dialogo*. Возможно, ему не понравилось, что Галилей изложил излюбленный довод папы о божественном всемогуществе и бессилии науки понять устройство мира как-то вяло, мимоходом, тогда как коперниканские идеи защищались им с блес-

ком. А может быть, наместника Всевышнего привело в ярость, что упомянутый «богословский» довод был вложен автором в уста Симплицио, суждения которого постоянно опровергались и высмеивались Сальвиати. Наконец, гнев Его Святейшества мог быть вызван и тем, что в своем трактате Галилей фактически претендовал на лучшее и более глубокое (по сравнению с предложенным верховным понтификом) понимание божественного творения. Но как бы то ни было, Урбан в сложившейся ситуации не мог оставить без внимания книгу, в которой отстаивались утверждения, противоречащие библейскому тексту и на которой тем не менее стояли два цензурных разрешения: Управляющего Святым дворцом Н.Риккарди и флорентийского инквизитора К.Эджиди. Не надо было обладать сверхчеловеческой проницательностью, чтобы понять, какой козырь получают противники Урбана VIII, упрекающие его в недостатке рвения при борьбе с еретиками. Одно дело, когда Святейшему намекали на nepoтизм (у нас это называли семейственностью)* — грех, конечно, но и общепринятая практика, — и совсем другое, когда речь шла о покровительстве человеку, пропагандирующему идеи, осужденные еще в 1616 г. Урбан не мог игнорировать мнение некоторых отцов иезуитов, полагавших, что книга Галилея опаснее сочинений Лютера и Кальвина.

Вместе с тем роль политического фактора в реакции Урбана VIII на книгу Галилея не следует переоценивать. Политических оппонентов верховного понтифика приводило в ярость не то, что он поддерживает Галилея, а то, что он поддерживает Ришелье, поэтому — и Урбан это прекрасно понимал — процесс над Галилеем не мог решить политических проблем Святого Престола. Однако эти проблемы оказали столь сильное психологическое воздействие на Урбана VIII, что он в тяжелой для него ситуации принимал такие решения, которые вряд ли принял бы в более спокойные годы.

На мой взгляд, Урбан использовал «дело Галилея», чтобы продемонстрировать твердость в борьбе за чистоту католической веры. И эта демонстрация была ему особенно необходима именно в сложившейся нелегкой для Святого Престола ситуации. Не случайно поэтому рассмотрение «дела Галилея» проходило в не совсем обычном режиме: оно не было сразу передано в Святую Службу, но сначала Урбан создал комиссию, рассмотревшую содержание *Dialogo* на предмет его соответствия теологическим требованиям. Время от времени папа передавал тосканскому послу конфиденциальную информацию о ходе разбирательства. Текст приговора и отречения Галилея

был разослан папским нунциям (постоянным дипломатическим представителям) во все концы католической Европы и всем инквизиторам Италии с требованием, чтобы эти документы были зачитаны публично в университетах (мера, в истории Инквизиции применявшаяся крайне редко). И так далее. Урбану не нужен был заурядный инквизиционный процесс, окутанный плотной завесой тайны, ему нужно было *наглядно продемонстрировать* миру свою решимость в борьбе с любыми уклонениями от учения Церкви. Но, повторяю, сиюминутные политические требования были не единственным фактором, определявшим ход и характер процесса.

Во-первых, среди множества забот и тревог Святейшего в начале 1630-х годов «дело Галилея» было отнюдь не самым главным. Во-вторых, Урбан, как уже отмечалось, имел свой взгляд на проблему соотношения натурфилософии и теологии, взгляд, который никак не зависел от военно-политической возни в Европе или от побед Густава-Адольфа. В-третьих, личная обида Урбана на Галилея, бесспорно, сыграла заметную роль во всей этой истории. Даже по прошествии многих лет, когда Галилея уже не было в живых, Святейший не забыл обиды, нанесенной ему публицикой *Dialogo*.

В июле 1632 г. Урбан VIII приказал немедленно прекратить распространение книги Галилея. 4 сентября 1632 г. тосканский посол Никколини во время аудиенции у Святейшего затронул вопрос о *Dialogo*. Урбан «вдруг пришел в крайнее раздражение», сказав, что «даже наш Галилей имел наглость влезть туда, куда ему не следовало проникать: в самые серьезные и опасные вопросы, которые могут возбуждать [умы] в это время» [9. P.383]. Урбан, разумеется, имел в виду не чисто астрономические проблемы. Книга Галилея толкала читателя не только к пересмотру традиционных представлений о строении мира, но и к глубокому изменению сложившихся за многие столетия представлений об отношении веры и знания, а также освященных авторитетом Тридентского собора принципов библейской экзегезы (толкования библейского текста) и отношения к Священному Писанию. Именно эти последние обстоятельства более всего тревожили понтифика.

Когда же упорный Никколини сказал, будто не может поверить, как Его Святейшество запретит уже разрешенную к печати книгу, не выслушав предварительно Галилея, Урбан многозначительно заметил, что запрет *Dialogo* — это наименьшее зло, которое может быть причинено тосканскому ученому. Он (Урбан VIII) созвал комиссию сведущих в разных науках здравомыслящих людей, которые изучат книгу тщательно, буквально каждое слово, ведь речь идет о «в высшей степени извращенной доктрине» [9]. Надвигалась опасность, что Галилею придется предстать перед судом Инквизиции.

* Что касается обвинений Урбана VIII в nepoтизме, то для них имелись все основания. Уже на третий день после избрания папой он сделал своего племянника Франческо Барберини кардиналом, потом главным библиотекарем Ватикана, а в 1632 г. вице-канцлером [8].

Находка в архивах

11 сентября 1632 г. Управляющий Святым Дворцом Никколо Риккарди сообщил тосканскому послу в Риме Франческо Никколини под большим секретом, что в архивах Инквизиции обнаружен документ, свидетельствующий о том, что шестнадцать лет назад кардинал Беллармино от имени Святейшего Отца и Святой Службы запретил тосканцу придерживаться коперниканского учения и «одного этого достаточно, чтобы погубить Галилея окончательно» [9. С.389].

Ситуация для Галилея складывалась архискверная, ведь никого в конечном счете не интересовало, прав он был или неправ, защищая гелиоцентрические воззрения, а вот используемые им *приемы* отстаивания своих мнений многих современников приводили, мягко говоря, в замешательство. Получалось — в глазах папы, отца Риккарди, Великого герцога и многих других людей, хорошо или по крайней мере не враждебно относившихся к Галилею, — что он, вопреки его уверениям, отнюдь не был жертвой происков своих коварных и многочисленных противников, нет, он намеренно скрыл от Святейшего факт увещания 1616 г., нарушил предписания Риккарди и чисто формально отнесся к пожеланиям Урбана VIII. И все это ради того, чтобы доказать физическую истинность гелиоцентрической теории, осужденной Церковью. В глазах многих его современников (отнюдь, подчеркну, не враждебно настроенных к ученому) Галилей ради торжества научной идеи, представившейся ему истинной, готов был пойти если не на все, то во всяком случае на многое — он манипулировал своими покровителями, патронами и друзьями, вовлекая их подчас в непростые ситуации, из которых им потом нелегко было выбраться.

Но и Галилея можно понять, ведь фактически ему навязывали заведомо неприемлемые правила игры — не вы, синьор Галилей, являетесь хозяином своих мнений, т.е. про себя-то вы можете думать о чем угодно, но вы не можете публично высказывать все, что придет вам в голову. А если вы это будете делать, даже считая, что отстаиваете истину, то мы (власть), опираясь на всю нашу мощь, будем чинить вам всевозможные препятствия, тогда как вы должны всегда честно играть только по правилам, которые эта власть установила. Сейчас это называют политкорректностью. Поэтому спор на тему, кто виноват в том, что судили Галилея, Церковь в лице Урбана VIII или он сам, может продолжаться вечно. Это все равно, что спорить, какой полюс, отрицательный или положительный, «виноват» в том, что произошел электрический разряд. Но вернемся к событиям осени 1632 г.

В четверг 23 сентября 1632 г. на заседании Конгрегации Инквизиции в Квиринальском дворце в присутствии папы Урбана VIII и восьми кардиналов был зачитан доклад специальной Ко-



Кардинал Г.Борджиа, испанский посол в Ватикане. Портрет предположительно принадлежит кисти Д.Веласкеса.

миссии по изучению содержания *Dialogo*. Члены Комиссии пришли к выводу, что Галилей «мог — и это главное — ошибочно приписать существующие морские отливы и приливы тому, что [в действительности] не имеет места, а именно: неподвижности Солнца и движению Земли». И кроме того, «он мог вероломно умолчать о предписании, данном ему Святой Службой в 1616 г.». Поэтому члены Комиссии полагают, что «теперь следует рассмотреть вопрос о том, как надлежит действовать в судебном порядке с человеком и с напечатанной книгой» [3. С.324—327]. Урбан потребовал, чтобы Галилей в течение октября явился в Рим и предстал перед комиссаром Инквизиции.

Однако Галилей, получив соответствующее предписание, не торопился в дорогу, сославшись на многие причины: преклонный возраст*, болезни, плохое состояние дорог, плохая погода, а также переживания последних недель, лишившие его сна. Кроме того, во Флоренции вспыхнула эпидемия чумы, а это означает, что около месяца ему придется просидеть в карантине, в очень тяжелых условиях. Все это, уверял Галилей, не позволит ему преодолеть и половину пути.

* Галилею тогда исполнилось 68 лет, но в официальных письмах в Рим он набавлял себе два года.

Но Урбан был непреклонен. При всех неоспоримых достоинствах верховного понтифика — а он, бесспорно, был одним из самых выдающихся людей, занимавших престол Св. Петра, — ему были присущи некая мелочность и злобность, отчасти усиленные описанными выше драматическими событиями. Святейший не мог забыть обиду, нанесенную человеком, которого считал своим другом, и потому готов был преследовать и добивать уже и без того сломленного противника.

17 декабря 1632 г. Галилей посылает в Рим составленное тремя медиками заключение о состоянии своего здоровья, в котором, в частности, было сказано, что математик Великого герцога, кроме артрита, страдает неровным пульсом, головокружением, слабостью желудка, бессонницей, а также грыжей в тяжелой форме, перитонитом и ипохондрией.

Когда Урбан прочитал это заключение, он пришел в ярость, решив, что Галилей водит его за нос. Понтифик приказал отправить к Галилею комиссара Инквизиции вместе с врачом, чтобы освидетельствовать ученого, и если тот «будет находиться в таком состоянии, что сможет приехать, то его надлежит подвергнуть заключению и привезти в оковы. Если же по состоянию его здоровья и ввиду опасности для жизни привод придется отложить, то немедленно по выздоровлении он все равно должен быть заключен и привезен в оковы. Комиссар и врачи должны быть посланы за его счет, так как он сам поставил себя в такое положение и в такие условия и пренебрег надлежащим временем, какое ему раньше было предписано для явки и судебного разбирательства, чем нарушил срок, ему назначенный» [3. P.335]. Галилею пришлось подчиниться. 13 февраля 1633 г. он прибыл в Рим. Его самочувствие заметно улучшилось, и он был готов к активным действиям в свою защиту.

Заметим, что по прибытии Галилей не только не был арестован и препровожден в тюрьму Святой Службы, как это обычно делалось в подобных случаях, но ему было разрешено поселиться на вилле Медичи, в резиденции тосканского посла, где ему выделили пять комнат и специального слугу. Случай беспрецедентный. За все время процесса Галилей не провел за решеткой ни дня. (Картины и описания мук Галилея в застенках Инквизиции — не более чем плод воображения авторов полотен и книг.) Как справедливо заметил один из биографов ученого, сам факт, что Галилей явился в Рим в великогерцогской карете и жил за счет Великого герцога в посольстве Тосканы, говорит о многом. Действительно, активная поддержка Галилея со стороны Фердинандо II стала мощным фактором в выборе папой и трибуналом стратегии и тактики ведения процесса.

Против Галилея были выдвинуты два обвинения: представление им (причем, публичное) теории движения Земли как *доказанной* физической истины и нарушение предписания 1616 г.

Кроме того, Святейший хотел, чтобы Галилей, а вместе с ним и все остальные, поняли одну важную для Урбана вещь: речь идет не только и даже не столько о космологических проблемах, но о более глубоком вопросе: *что есть истина?* Когда Святейший говорил о недопустимости накладывать на Бога какие-либо обязательства, он, кроме всего прочего, выражал свое несогласие с позицией Галилея, полагавшего, что существует одно-единственное объяснение природных явлений, которое согласуется с данными наблюдений, опытов и разума и которое надлежит считать истинным. Нет, отвечал Урбан, в Писании сказано: «Я есть истина». Значит, истина есть Бог, а Бог всемогущ, и уже по одной этой причине не может быть одного-единственного истинного объяснения явлений, придуманного человеческим разумом. Человеческое знание, по Урбану, принципиально гипотетично, и источников этой гипотетичности два: немощь человеческого разума и всемогущество Бога, при том что Божественное всемогущество не тождественно Божественному произволу (или капризу), оно проявляется в бесконечном многообразии способов регулярного устройства мира.

«Трибунал сохранит свою репутацию»

Утром 12 апреля 1633 г. Галилей был доставлен в Инквизицию. Его содержали в помещении Святой Службы, где все, как он свидетельствовал, «было устроено для того, чтобы я мог продолжать оставаться в уединении, но с необычными удобствами и размахом, в трех комнатах, являющихся частью жилища прокурора Святой Службы (Галилею предоставили квартиру обвинителя, *procuratore fiscali*. — И.Д.); у меня есть разрешение на прогулки по довольно большой территории. Что касается моего здоровья, то, слава Богу, оно в неплохом состоянии благодаря усердной заботе синьора посла и его супруги, которые всеми силами пекутся о моих удобствах, даже свыше того, в чем я нуждаюсь» [10. P.88]. Слуге ученого было дозволено ему прислуживать, а слугам из Тосканского посольства — приносить ему еду утром и вечером. Кроме того, Галилей мог вести переписку.

В тот же день состоялся первый допрос. Никакой торжественности и помпы, как это иногда изображают. Допрос вел комиссар Инквизиции Винченцо Макулано. Кроме того, присутствовали его помощник Карло Синчери и писарь.

Судя по сохранившимся документам, Макулано был человеком умным, здравомыслящим, талантливым организатором и инженером. Он, видимо, сразу понял правоту Галилея и, оказавшись в трудной ситуации выбора между истиной и карьерой, сделал все возможное, чтобы облегчить участь Галилея, не испортив в то же время отношений со Святейшим.



Часть интерьера церкви Санта Мария sopra Минерва (Santa Maria sopra Minerva) в Риме.

На допросе основное внимание было сосредоточено на дисциплинарном проступке тосканского ученого. Макулано добивался от Галилея признания в том, что тот нарушил предписание 1616 г. и, прося цензурного разрешения на публикацию *Dialogo*, скрыл от отца Риккарди и других цензоров сам факт наличия такого предписания. Иными словами, Галилей, согласно сценарию первого допроса, должен был сознаться в получении *Imprimatur* нечестным путем, что снимало с цензоров всякую ответственность за выдачу разрешения на печатание книги.

Галилей, в свою очередь, не отрицал самого факта предписания, сделанного ему в феврале 1616 г., но интерпретировал события семнадцатилетней давности по-своему:

— он не помнит, чтобы 26 февраля 1616 г. с ним беседовал кто-либо, кроме кардинала Беллармино;

— позиция же Беллармино сводилась к тому, что теория Коперника ошибочна и потому «нельзя ни защищать, ни придерживаться ее», из чего, однако, не следовало, что ее нельзя обсуждать, и уж тем более Беллармино не возражал против поисков доказательств физической истинности коперниканства, он признавал, что если такие доказательства будут представлены, то тогда нужно

будет пересмотреть толкование соответствующих мест Священного Писания;

— учитывая приведенные обстоятельства, не было никакой необходимости, подавая прошение на получение цензурного разрешения на публикацию *Dialogo*, информировать отца Риккарди или кого бы то ни было другого о сделанном ему, Галилео Галилею, увещании, ведь в своей книге он не выдавал учение Коперника за абсолютную истину, но просто обсуждал его, и даже более того, *Dialogo* был написан с целью показать ложность идей Коперника.

Последнее утверждение ученого стало его крупной ошибкой. Всем, в том числе и Макулано, было ясно, что Галилей *защищал* коперниканское учение и делал это весьма убедительно.

После допроса книга Галилея была отдана на повторную (уже формальную) экспертизу. Эксперты, доклад которых был рассмотрен на заседании конгрегации Инквизиции 21 апреля, вновь заявили, что Галилей *защищал* учение Коперника. На следующий день Макулано пишет кардиналу Барберини: «Прошлой ночью синьор Галилей мучался от болей, которые заставляли его кричать до сегодняшнего утра; правда, после того, как во время осмотра я два раза давал ему лекарство, он сказал, что ему стало гораздо лучше и он хотел бы,

чтобы побыстрее закончилось его дело, и я действительно считаю, что так было бы лучше, учитывая тяжелое состояние этого человека. Вчера состоялось собрание Конгрегации [Святой Службы] по поводу книги [Галилея], и было решено, что в ней защищается и преподается мнение, отвергнутое и осужденное Церковью, а потому автор подозревается в том, что он его также и поддерживает. В силу этого следует как можно скорее привести дело к завершению, о чем буду ждать указания Вашего Высокопреосвященства с тем, чтобы его в точности исполнить» [11. P.629—641].

Иными словами, Макулано объяснил Ф.Барберини, а через него и Урбану, что скорейшее окончание процесса не только возможно, но и желательно, учитывая возраст и состояние здоровья обвиняемого. Теперь все зависело от того, какие указания придут из Кастель Гандольфо. А там решили пойти самым простым путем. Есть Декрет Конгрегации от 5 марта 1616 г., в котором имеется ясная формулировка: «ложное и целиком противное Священному Писанию пифагорейское учение о движении Земли и неподвижности Солнца». Есть установленный факт увещания Галилея кардиналом Беллармино 26 февраля 1616 г., где ученому было ясно сказано по поводу теории Коперника: «не придерживаться и не защищать». А было ли более строгое предписание комиссара Инквизиции Седжицци или его не было, а если и было, то нарушил ли комиссар при этом инструкции папы или не нарушил, все это к делу не относится.

Гораздо серьезней обстояли дела с доктринальной стороной процесса, поскольку здесь как раз и возникали вопросы о том, было ли учение Коперника формально осуждено Церковью и являлось ли оно еретическим. Ведь сам Урбан VIII еще в 1624 г. утверждал, что Святая Церковь не осуждала это учение как еретическое и не намерена делать это впредь, она только указала «на известную опасность этой теории. Однако не следует бояться того, что когда-либо будет доказана ее истинность» [12. P.182].

Но как бы то ни было, после официального одобрения заключения экспертов ничто не мешало Макулано быстро закончить процесс, вынося за скобки вопрос о теологическом статусе коперниканского учения и опираясь только на определение Декрета от 5 марта 1616 г. и факт нарушения Галилеем увещания Беллармино. Никакого тупика с чисто юридической точки зрения не было. Галилей — хитрец и плут, это твердо установлено. Но... кроме формально-юридической была еще и другая сторона — неформально-политическая.

Конечно, Урбан не мог допустить, чтобы вся его затея с инквизиционным процессом кончилась чрезвычайно легким наказанием Галилея. Ведь Галилей заверял судей, будто для того и написал *Dialogo*, чтобы опровергнуть систему Коперника. Да он, в глазах Урбана, просто издевался над Трибуналом!

Но и чрезмерную суровость к ученому папа проявить не мог прежде всего потому, что Галилей был не «вольным художником», но *Filosofo e Matematico Primario del Granduca di Toscana* (философом и первым математиком Великого герцога Тосканы), и с этим самым *Granduca* Урбан вынужден был считаться, тем более, что именно в это время понтифику приходилось вести сложные переговоры по поводу создания лиги итальянских государей, в которой Фердинандо II отводилась заметная, если не главная роль. Нельзя было допустить укрепления отношений Великого герцогства Тосканского с Испанией и с Империей, а такая опасность существовала. Поэтому Макулано получил из Кастель Гандольфо ясные указания по возможности не доводить дело до проявления «большей строгости в процедурах» и тем более до убеждения Галилея «доводами», т.е. пыткой. (Не говоря уж о том, что последнее было бы противозаконно, учитывая возраст и состояние здоровья тосканца; и папе вовсе не хотелось, чтобы Галилей перешел в лучший из миров в покоях Святой Службы; даже страшно представить, какие слухи после этого ходили бы по Риму!) Кроме того, надо было во что бы то ни стало снять все возможные упреки с цензоров, выдавших *Imprimatur*, и в первую очередь — с отца Риккарди, потому что обвинение в его адрес бросало тень на Урбана.

И вот тут перед Макулано встала нелегкая задача: он должен был одновременно доказать вину Галилея (поддержка и защита учения Коперника), избежать чрезмерной строгости приговора, спасти честь мундира (точнее, сутаны) отца Риккарди, ни в коем случае не нанести ущерб авторитету Святейшего и поддержать репутацию Трибунала (который, как известно, никогда не ошибается). Чтобы не стать героем комедии, Святой Престол должен был сделать Галилея героем трагедии (или по крайней мере драмы). Выход был один — убедить Галилея признать свои заблуждения и покаяться. Ясно, что в рамках официальной процедуры допроса (которая требовала в случае упорства обвиняемого усиления мер воздействия на него) сделать это невозможно. Вот тогда у фра Винченцо и созрела идея неофициального общения с подсудимым, так сказать, желание поговорить со стариком по душам. Результаты разговора Макулано изложил кардиналу Барберини: «После обмена бесчисленными доводами и возражениями я, с Божьей помощью, достиг-таки своей цели: я вынудил его лично убедиться в своей ошибке. <...> Теперь он готов к юридическому признанию. <...> Трибунал сохранит свою репутацию, обращение с подсудимым может быть милосердным, и при любом исходе дела он, ко всеобщему удовлетворению, будет помнить об оказанном ему благодеянии» [10. P.106—107]. Трибунал действительно спас свою репутацию, поскольку удалось добиться признания вины и покаяния, не прибегая к «доводам», а это высоко ценилось еще со времен Августина Блаженного.



Галилео Галилей перед судом Инквизиции в Ватикане, 1633. Картина Ж.-А.Робер-Флэри. 1847 г.

В субботу 30 апреля 1633 г. Галилей вновь предстал перед Трибуналом. Он признался. Но в чем именно? *Во-первых*, в том, что написал *Dialogo*. *Во-вторых*, в том, что в процессе его написания несколько перестарался, увлекся и придал аргументам в пользу учения Коперника слишком правдоподобный вид, не усилив должным образом контраргументы. *В-третьих*, в том, что ему в феврале 1616 г. было сделано увещание со стороны кардинала Беллармино не придерживаться и не защищать гелиоцентрического воззрения. И, возможно, кем-то еще было дано также и более строгое предписание, но он этого не помнит.

Галилею разрешили оставить палаты Святой Службы, где он провел без малого три недели, и вернуться в Тосканское посольство. Состояние ученого было очень тяжелым, но спустя несколько дней он стал приходить в себя.

10 мая 1633 г. Галилей был вызван в Святую Службу. Когда он предстал перед отцом Макулано, тот предписал ему в течение восьми дней подготовиться к защите. Но у Галилея уже все готово: свое «защитительное письмо» он тут же передал комиссару.

Следующий и последний допрос состоялся 21 июня. Это был допрос со словесной угрозой

пытки с целью выяснить намерения подсудимого. Галилей проявил полную покорность. После этого он считался «устоявшим под угрозой пытки», ему уже не грозила участь «неисправимого еретика», но ожидала другая участь — пожизненного пленника Инквизиции. На сей раз Галилею было приказано остаться на ночь в покоях Святой Службы в доминиканском монастыре *Santa Maria sopra Minerva*, примыкавшем к одноименной церкви, а на следующее утро, 22 июня 1633 г., его провели вверх по винтовой лестнице в помещение, где происходили допросы и где ему был зачитан приговор, который гласил:

«Мы постановили книгу “Диалог” Галилео Галилея запретить публичным указом.

Мы осуждаем тебя на формальное тюремное заключение в Святой Службе на срок, который будет определен по нашему усмотрению. В качестве спасительного покаяния мы предписываем тебе чтение семи покаянных псалмов раз в неделю в течение следующих трех лет*. Мы оставляем за собой право смягчать, изменять или прощать, полностью или отчасти, вышеупомянутые наказания и епитимьи» [3. Р.402—406].

* Чтение покаянных псалмов занимает не более 20 минут, но Галилей выпросил церковное разрешение, чтобы псалмы за него читала его дочь Мария Челеста. — И. Д.



Архиепископ Сиены А.Пикколомини. Гравюра по рисунку О.Леони.

Замечу, что приговор был одобрен папой только *in forma communi* (в основном), формально оставаясь постановлением Святой Службы, и потому не обладал статусом непогрешимости.

После того как приговор был оглашен, перед Галилеем положили текст отречения, который он произнес вслух, стоя на коленях и держа в одной руке горящую свечу, а другую опустив на Священное Писание.

16 июня 1633 г. на собрании Святой Службы под председательством Святейшего последний приказал разослать тексты приговора и отречения всем нунциям и всем итальянским инквизиторам-провинциалам с тем, чтобы они публично зачитали эти документы профессорам философии и математики, дабы те поняли серьезность ошибки Галилея и избежали ее вместе с наказанием, которое будет на них наложено в случае слушания. На этом процесс был формально завершен.

На следующий день после объявления приговора тюремное заключение было заменено на домашний арест на вилле Медичи, куда Галилея доставили в карете с плотно задернутыми занавесками вечером в пятницу, 24 июня. Ни Урбан, ни Барберини не соглашались на полное освобождение ученого. Но долго находиться на вилле Медичи Галилей не мог. 30 июня 1633 г. на собрании Святой Службы ему (благодаря хлопотам Никколини) разрешили переехать в Сиену, где давний друг ученого Асканио Пикколомини был

архиепископом. Спустя три дня Урбан позволил Галилею проживать под домашним арестом в архиепископской резиденции, а не в монастыре, как поначалу предполагалось. Никколини был уверен, что полученные разрешения — проявление милосердия к ученому со стороны Святейшего. В принципе он прав. Могло быть хуже. Много хуже.

После многочисленных хлопот Никколини Галилею в декабре 1633 г. было разрешено наконец переехать на арендовавшуюся им виллу в Арчетри под Флоренцией, где он должен был «жить уединенно, ни к кому не обращаясь и никого не принимая у себя для бесед» [3. P.389]. Там он прожил до своей смерти, которая наступила 8 января 1642 г.

Две правды

Сложная полифония различных факторов и контекстов (логических, физических, натурфилософских, теологических, политических и лично-психологических) определила в конечном итоге причины, характер и особенности процесса над Галилеем, в частности жесткость антикоперниканской (и антигалилеевой) риторики при сравнительно мягком реальном наказании для тосканского *virtuosi* и «ослаблениях» ему, сделанных в ходе следствия и суда.

Галилей печатно (т.е. публично) и детально изложил свою убежденность в истинности теории Коперника. Более того, он привел аргументы, которые, как ему казалось, доказывали правильность коперниканской космологии. Это означало, что его оппоненты в курии могли отныне опираться не на слухи, не на доносы и не на копии писем Галилея друзьям по поводу устройства мира и соотношения коперниканской теории с библейскими утверждениями, но на пятисотстраничный текст, принадлежавший самому тосканцу. И при неблагоприятных обстоятельствах против автора *Dialogo* мог начаться новый судебный процесс.

Вместе с тем позиция оппонентов Галилея к моменту публикации *Dialogo* также приняла ясные очертания. Эта позиция в условиях мощного религиозно-политического конфликта в Европе и неблагоприятной для папы ситуации в курии опиралась уже не на решения Тридентского собора (согласно которым библейские утверждения относятся исключительно к сферам веры и морали), но на их более жесткую интерпретацию. Это проявилось прежде всего в расширительной трактовке того, что подпадало под квалификацию *formaliter haereticum*. Если Галилей настаивал на доказанности коперниканской космологии, то Урбан VIII утверждал *недоказуемость* любой научной теории *в принципе*, а потому и невозможность и ненужность отхода от буквалистского понимания библейского текста как наиболее предпочтительного. Если Галилей отстаивал независи-



Гробница Галилея в церкви Санта Кроче (Santa Croce) во Флоренции.

мость натурфилософских утверждений от теологической догматики, то его оппоненты исходили из того, что так или иначе все утверждения Библии имеют доктринальный характер.

Далее характер и динамика процесса 1633 г. в сильной степени определялись событиями 1616 г. и поведением Галилея на стадии получения цензурного разрешения на публикацию *Dialogo*, что позволило выдвинуть против тосканца два взаимно дополнявших друг друга обвинения: дисциплинарное (игнорирование увещания/предписания 1616 г. и умолчание о нем при обращении к цензору) и «теологическое» (защита гелиоцентрической теории, не согласующейся с буквальным пониманием библейского текста).

Наконец, необходимо принять во внимание, что Галилей, желая увидеть свой труд опубликованным при жизни, шел на всевозможные уловки и хитрости, сами по себе понятные и прощательные, но вредившие его репутации и в Риме, и во Флоренции.

Что же касается чисто научных и философско-методологических возражений в адрес галилеевой теории приливов, которая по замыслу ученого должна была доказать движение Земли, то они в ходе процесса фактически были вынесены за скобки.

Кроме вопроса о соотношении библейских утверждений с естественно-научными, в деле Галилея затрагивались и другие вопросы: о допустимых границах и методах истолкования библейского текста и о доказательности научных теорий. Если Галилей полагал вполне возможным принять небуквалистские толкования тех фрагментов священного текста, которые не отвечают

новейшим научным воззрениям, то для Урбана такая позиция была совершенно неприемлема, поскольку ее признание вело в конечном счете к распаду основ христианской веры и культуры (не говоря уж о прочих последствиях, в том числе и политических). Если Галилей считал свою теорию приливов доказанной, то многим (и ученым клирикам, и мирянам) она представлялась весьма спорной в своих физических, астрономических и логических основаниях.

И последнее. В литературе, особенно отечественной, процесс над Галилеем принято трактовать в терминах столкновения науки и религии. При этом Галилей выступает в роли последовательного борца с религиозными предрассудками за свободу мысли. Такая картина представляется, мягко говоря, несколько односторонней. Галилей был глубоко верующим человеком и вполне добродетельным католиком, что не мешало ему отстаивать свои научные убеждения. Он как христианин боролся за свободу высказывать истину или то, что он, в исторически обусловленном горизонте возможностей верификации научных утверждений, искренне воспринимал как истину о мире, сотворенном Богом, и в этом смысле боролся за свободу отстаивать Божественную истину перед лицом кого угодно, даже Церкви. В его понимании Божественная истина не должна зависеть ни от обстоятельств места и времени, ни от политической ситуации, ни от межконфессиональной борьбы, ни от интриг в курии, и уж давно она не может зависеть от чьих-то настроений и мнений, даже если этот кто-то в силу своего статуса может в определенных ситуациях выступать *in persona Christi*. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 07-06-00128а.

Литература

1. *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов: В 4 т. М., Т.4.
2. *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента: от Античности до XVII в. М., 1976.
3. Galileo Galilei. Le Opere di Galileo Galilei. Nuova Ristampa della Edizione Nazionale. Firenze, 1964—1966. V.XIX.
4. *Дмитриев И.С.* Увещание Галилея. СПб., 2006.
5. *Галилей Г.* Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой // Галилей Г. Избранные труды: В 2 т. Т.I. М., 1964.
6. *Biagioli M.* Galileo Courtier: The Practice of Science in the Culture of Absolutism. Chicago; L., 1993.
7. *Фантоли А.* Галилей: В защиту учения Коперника и достоинства Святой Церкви / Пер. с итал. А.Брагина. М., 1999.
8. *Scott J. B.* Images of Nepotism: The Painted Ceilings of Palazzo Barberini. Princeton, 1991.
9. Galileo Galilei. Le Opere di Galileo Galilei. Nuova Ristampa della Edizione Nazionale. Firenze, 1964—1966. V.XIV.
10. Galileo Galilei. Le Opere di Galileo Galilei. Nuova Ristampa della Edizione Nazionale. Firenze: G. Barbira, 1964—1966. V.XV.
11. *Beretta F.* Un Nuovo Documento sul Processo di Galileo Galilei. La Lettera di Vincenzo Maculano del 22 Aprile 1633 al Cardinale Francesco Barberini // Nunciatus, 2001. A16, fasc.2.
12. Galileo Galilei. Le Opere di Galileo Galilei. Nuova Ristampa della Edizione Nazionale. Firenze, 1964—1966. V.XIII.

Новости науки

Космические исследования

Астрофизическая обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма»

18 августа 2009 г. на Международном авиакосмическом салоне подписано соглашение между Федеральным космическим агентством (Роскосмосом) и Германским аэрокосмическим центром о сотрудничестве в разработке проекта орбитальной астрофизической обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма» (СРГ), запуск которой запланирован на 2012 г.

Эта орбитальная обсерватория предназначена для обзора всего неба зеркальными рентгеновскими телескопами в жестком диапазоне энергий (0.5—11 кэВ). Благодаря высокой чувствительности, которую обеспечивают большая эффективная площадь зеркальных систем, высокое угловое разрешение оптики и исключительно широкое для таких телескопов поле зрения, обзор станет рекордным в этом диапазоне энергий.

Ранее, в 1990—1999 гг., рентгеновский обзор всего неба был выполнен спутником «ROSAT», с которым работали специалисты из Германии, США и Великобритании, однако наблюдения велись лишь в мягком диапазоне энергий (0.5—2 кэВ) и с примерно в 40 раз худшей чувствительностью, чем у планируемого обзора на СРГ. В результате из-за сильного межзвездного или внутреннего поглощения на низких энергиях многие интересные рентгеновские источники тогда не были обнаружены.

Ожидается, что с помощью обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма» удастся найти около 100 тыс. новых скоплений галактик и более 3 млн активных ядер галактик,

в центре которых, по предположению астрофизиков, находятся сверхмассивные черные дыры. Информация о крупномасштабной структуре Вселенной, полученная на основе данных о скоплениях галактик, исключительно важна для изучения ее эволюции во времени, в том числе для понимания роли темной энергии. Кроме того, на основании новых сведений о ядрах активных галактик, можно будет изучать рост и эволюцию сверхмассивных черных дыр.

В состав научной аппаратуры обсерватории СРГ входят два зеркальных рентгеновских телескопа: «ROSITA» (Германия) — основной инструмент массой 760 кг, работающий в диапазоне энергий 0.5—10 кэВ, и российский телескоп ART-XC массой 350 кг, дополняющий немецкий инструмент в более жестком диапазоне энергий, 6—30 кэВ.

Предполагается вывести обсерваторию на орбиту в окрестностях точки Лагранжа 2 (L2) — одной из пяти существующих в системе Солнце—Земля точек либрации, в которых возмущающие гравитационные воздействия на космический аппарат со стороны Солнца и Земли сведены к минимуму. Точка L2 расположена на линии Солнце—Земля в 1.5 млн км за нашей планетой. Чтобы оказаться в этой точке, потребуется совершить гравитационный маневр у Луны.

Преимущество у орбиты в окрестностях точки L2 для СРГ несколько. Во-первых, обсерватория не будет проходить через радиационные пояса Земли, где придется отключать аппаратуру из-за губительного воздействия потока заряженных частиц. Во-вторых, здесь наиболее комфортные для аппаратуры температурные усло-

вия: Солнце всегда находится с одной стороны, до Земли и до Луны очень далеко и тепловые потоки от них не вносят каких-либо возмущений, т.е. температура на приборах (особенно на рентгеновских детекторах, требующих охлаждения) остается стабильной. В третьих, на такой орбите аппарат не заходит в тень Земли и солнечные батареи постоянно обращены к Солнцу, обеспечивая прибор энергией.

Проект «Спектр-Рентген-Гамма» включен в Федеральную космическую программу на 2006—2015 гг. После запуска обсерватории в 2012 г. срок ее дальнейшей работы определен в семь лет. Головная организация по научной аппаратуре обсерватории — Институт космических исследований РАН, по наземному и космическому комплексу — Научно-производственное объединение им.С.А.Лавочкина. В проекте принимает участие также Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (г.Саров), в кооперации с которым ИКИ РАН разрабатывает телескоп ART-XC. С немецкой стороны в проекте участвует Германский аэрокосмический центр, Институт внеземной физики и ряд других институтов и университетов.

По сообщению Пресс-службы Института космических исследований РАН
Москва

Астрофизика

Галактики формируются и сейчас?

Происхождение галактик остается одной из самых насущных астрономических проблем. Наиболее распространено представле-

ние о том, что «затравками» для образования звездных островов стали сгустки темного вещества, так называемые темные гало, причем формирование галактик шло иерархически: гигантские галактики появлялись в результате слияния карликовых протогалактик. Из этого сценария следует, что каждая крупная галактика окружена многочисленным «сонмом» небольших спутников, количество которых должно существенно превосходить то, что наблюдается в реальности.

Ныне сотрудники американского Университета им.Дж.Хопкинса (D.Thilker et al.) с помощью космического телескопа «GALEX» (Galaxy Evolution Explorer) обнаружили, что образование галактики вовсе не обязательно должно быть связано с темным гало; это может произойти и на «пустом месте» — был бы газ в достатке. Доказательством послужили карликовые галактики в так называемом Кольце Льва — гигантском кольцеобразном газовом облаке, закрученном вокруг двух массивных галактик (M105 и NGC3384) в созвездии Льва. Масса этого облака — примерно 2 млн M_{\odot} , а поперечник — около 200 кпк. Предполагается, что Кольцо Льва состоит из остатков исходного вещества, которое с момента образования Вселенной сохранилось почти в неизменности. Открыто оно было в 1983 г. по излучению нейтрального водорода на длине волны 21 см. До сих пор предполагалось, что в других диапазонах Кольцо не излучает.

Однако наблюдения Тилкера и его коллег свидетельствуют, что это предположение неверно: некоторые, особо плотные, участки Кольца Льва неожиданно оказались источниками ультрафиолетового излучения. Благодаря высокой чувствительности телескопа «GALEX» в УФ-диапазоне авторам работы удалось провести их фотометрическое исследование. Основным источником ультрафиолетового излучения во Вселенной служат массивные звезды. Их скопления всегда находятся в областях активного звездообразования: такие светила живут недолго и не ус-

певают далеко улететь от родительского молекулярного облака. Источники из Кольца Льва наилучшим образом описываются моделью карликовых галактик, в которых образование массивных звезд началось не более 10^8 лет назад. Определенная ранее дисперсия скоростей газа в Кольце не противоречит предположению, что этот газ движется под воздействием собственного тяготения, без какого бы то ни было значимого вклада темной материи.

Иными словами, мы наблюдаем те галактики, которые образуются в настоящую эпоху из газа, практически не содержащего тяжелых элементов, и в той области, где отсутствует темное вещество. Работа Тилкера с соавторами вызывает множество вопросов. Каков механизм формирования галактик-карликов в случаях отсутствия «центров конденсации», состоящих из темного вещества? Насколько эффективен был этот механизм на ранних этапах эволюции Вселенной, когда газа было гораздо больше? Наконец, почему образование галактик в Кольце Льва началось только сейчас, точнее, в не очень отдаленном прошлом?

«Пока мы можем сказать лишь, что нами наблюдается новый режим образования карликовых звездных систем, — говорит Тилкер. — В нем задействовано вещество, по всей видимости, оставшееся после образования основной галактической группы в этой области пространства».

<http://www.galex.caltech.edu/newsroom/glx2009-01r.html>

Астрономия

Внеземная аминокислота найдена в кометной пыли

Глицин — одна из аминокислот, входящих в состав белков, — обнаружен в образцах космической пыли. Они были взяты в 2004 г. американским зондом «Stardust» во время его пролета сквозь облако, окружающее ядро кометы Wild 2, и доставлены на Землю два года спустя. Предыдущие анализы подтвердили содер-

жание аминокислот в образцах, но тогда невозможно было полностью исключить их загрязнение земными аминокислотами после доставки на Землю.

Теперь же более сложные исследования, представленные Американскому химическому обществу в докладе Дж.Элзилы (J.Elsila; Центр космических исследований им.Годдарда в Гринбелте, штат Мэриленд), показали, что глицин, найденный в образцах космической пыли, действительно имеет внеземное происхождение. Он по сравнению с земными аминокислотами содержит больше тяжелого изотопа углерода, что свойственно органическим молекулам, длительное время подвергавшимся ионизирующим облучениям в открытом космосе.

ScienceNews. 18 августа 2009 г.

Химия

Фуллерены упрочняют сталь

Улучшать механические характеристики железа путем добавления углерода человечество умеет с древнейших времен. На этом принципе построена вся черная металлургия. Ныне всплеск интереса к получению твердых материалов на основе железа с добавлением углерода вызвали новые его модификации (фуллерены, углеродные нанотрубки и т.п.). Положительное воздействие подобных структур на механические свойства сталей продемонстрировали недавно немецкие археологи, исследовавшие музейный экземпляр средневековой сабли: они обнаружили, что в состав дамасской стали входят многослойные углеродные нанотрубки¹.

Сотрудники Института металлургии и материаловедения им.А.А.Байкова РАН и Института физической химии и электрохимии им.А.Н.Фrumкина РАН совместно изучали влияние углеродных наночастиц на механические свойства сталей. Исследовались цилиндры (диаметром 10 мм, высотой ¹ Углеродные нанотрубки в дамасской стали // Природа. 2007. №3. С.80—81.

5–6 мм), изготовленные из карбонильного железа и содержащие 10 вес.% фуллеренов C_{60} , C_{70} или экстракта сажи — смеси $C_{60} + C_{70}$. Образцы были произведены на гидравлическом прессе, в стандартных камерах высокого давления (примерно 5 ГПа) при температурах 1200–1400°C и изотермической выдержке до 10 мин. Полученные композиционные структуры исследовали с помощью микроскопа, спектрометра комбинационного рассеяния и рентгеновского дифрактометра. Твердость образцов определяли нанотвердометром. Как показали результаты измерений, композиционные материалы с примесью фуллеренов по абразивной износостойкости на порядок превосходят известные стали ШХ15, а по коэффициенту трения (0.12) приближаются к алмазоподобным покрытиям¹.

Физический механизм модификации сталей обусловлен тем, что при высоком давлении и температуре микрокристаллики фуллеренов преобразуются в новую фазу углерода, которая характеризуется повышенной твердостью. При детальных исследованиях выяснилось, что такие преобразования многократно повышают модули упругости (до 10–15 ГПа) и износостойкости. Наибольшим эффектом обладают образцы, полученные с использованием экстракта сажи, содержащего смесь фуллеренов разных сортов.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2008. Т.15. Вып.20).

Химия

«Колонный зал» для водорода

При переходе к водородной энергетике, в особенности — к транспорту на водороде, узким местом все еще остается хранение этого газа (обычно в жидком виде или в газообразном под давлением). Не прекращаются поиски новых эффективных материалов — аккумуляторов водорода. В 2008 г.

¹ Черногорова О.П. и др. // Российские нанотехнологии. 2008. Т.3. №5–6. С.150–157.

Министерство энергетики США объявило о выделении на соответствующие исследования в течение пяти лет 15.3 млн долл. Одно из направлений проектов заключается в изучении и создании нанопористых сорбентов — углеродных материалов с высокой удельной поверхностью. Работы последних лет показали, что открытые недавно углеродные наносвитки способны абсорбировать водород в заметных количествах, особенно после введения в качестве добавок щелочных металлов, которые «раздвигают» поверхности в этих структурах.

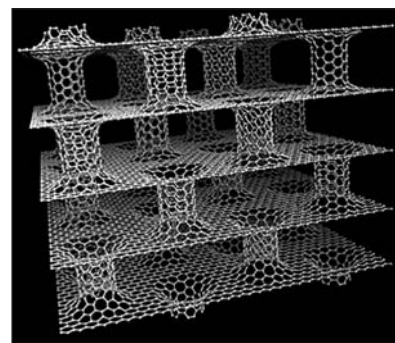
При увеличении межслоевого расстояния с 3.4 до 6.4 Å сорбционная емкость возрастает с 2.5 масс.% (что само по себе немало) до 5.5 масс.% водорода при 150 К и давлении 1 МПа (при более высоком давлении результат может быть еще лучше²). Образно говоря, получаются «раздувающиеся чемоданы» для водорода. Проведенные группой греческих теоретиков из Университета Крита исследования, в которых использовались разные модели и методы моделирования, показали, что добавление в наносвитки лития увеличивает поглощательную способность сорбента с 0.19 до 3.31 масс.% при комнатной температуре и нормальном давлении³. Роль лития, по мнению ученых, не ограничивается увеличением доступного пространства: в модели наносвитка, имеющего межслоевое расстояние около 8 Å, но не содержащего литий, сорбция водорода остается на уровне 0.19 масс.%.

Греческие исследователи не остановились на достигнутом и спроектировали современную камеру хранения для водорода⁴. Предлагаемый ими новый материал состоит из графеновых слоев, которые, как колоннами, поддерживаются углеродными нанотрубками.

² Coluci V.P. et al. // Phys. Rev. B. 2007. V.75. P.125404–125406; Braga S.F. et al. // Chem. Phys. Lett. 2007. V.441. P.78–82.

³ Mpourmpakis G. et al. // Nano Lett. 2007. V.7. P.1893–1897.

⁴ Dimitrakakis G.K. et al. // Nano Lett. 2008. V.8. P.3166.



Графен с колоннами — новый трехмерный углеродный материал.

Результаты теоретического исследования оказались просто замечательными: при добавлении Li гравиметрическая емкость нового материала в нормальных условиях достигает 6.1 масс.%, а объемная — 41 г H_2 на 1 л, что практически соответствует задачам, поставленным Министерством энергетики США для транспорта (6 масс.% и 45 г/л) на 2010 г. Без добавок лития (как и у наносвитков) результаты гораздо хуже. Для безопасного применения на транспорте важно также, что насыщение при росте давления наступает достаточно быстро.

Итак, ученые реализовали свою идею — разработать прочный материал с большой поверхностью и регулируемым размером пор (конечно, он может применяться не только для хранения водорода). Пока это только красивый проект, но теоретики рассчитывают на скорую поддержку экспериментаторов. Основания для оптимизма есть: ведь за последнее время многие удивительные углеродные наноструктуры стали реальностью. <http://perst.issp.ras.ru> (2008. Т.15. Вып.20).

Биохимия

Белковый «червячный» клей для лечения переломов

Группа исследователей под руководством Р.Стюарта (R.Stewart; Университет штата Юта в Солт-Лейк-Сити) изучала белковый клей, с помощью которого многощетинковые морские черви *Pbrag-*

matopoma californica создают из песка и обломков раковин трубчатые чехлы-домики, внутри которых и обитают. Свои домики черви строят вплотную друг к другу, образуя большие колонии, и хотя они находятся в приливной зоне, волновой прибой их не разрушает. Объясняется это уникальным свойством клея: уже через 30 с после выделения из организма он быстро схватывается в морской воде, а через несколько часов образуется прочное эластичное вещество, напоминающее кожу.

Пытаясь воспроизвести клей искусственно, Стюарт с сотрудниками подробно исследовали его состав. Определив несколько основных белков, проанализировали их структуру. Оказалось, что примерно половина белков природного клея имеет выраженный электрический заряд (положительный или отрицательный); кроме того, в клее содержатся еще ионы кальция и магния. Соединяясь друг с другом, белки образуют натуральный полимер, остовом которого служит полиамид.

Для создания синтетического клея с аналогичными свойствами исследователи вместо полиамида взяли в качестве основы полиакрилат, широко используемый в быту (в суперклеях, лаке для ногтей и пр.), присоединили к этой основе белковые фрагменты и добавили ионы кальция и магния. Испытания, проведенные в водной среде, показали, что искусственный клей обладает адгезией к влажной кости и схватывается при нейтральном pH. Именно это позволяет надеяться на его использование в хирургии. Прочность искусственного клея оказалась вдвое выше, чем у природного аналога. Предварительные проверки клея на токсичность по отношению к культивируемым клеткам костной ткани не выявили каких-либо нежелательных эффектов.

Конечно, искусственный «червячный» клей не предполагается использовать для сращивания крупных переломов — здесь применяются штифты и шурупы, но в случае незначительного раз-

дробления кости соединить мелкие ее фрагменты, не создавая лишней физической нагрузки, как раз и поможет клей. Дальнейшие исследования направлены на получение таких вариантов клея, которые по мере срастания кости будут постепенно растворяться и удаляться из организма. В идеале синтетический клей должен быть выведен полностью.

ScienceNews. 18 августа 2009 г.

Зоология

Индивидуальные участки пресноводных черепах

Еще относительно недавно зоологи имели весьма смутные представления об организации индивидуальных участков у холоднокровных позвоночных — земноводных и пресмыкающихся. В последующем экологические, поведенческие и эволюционные аспекты индивидуального использования пространства различными ящерицами стали предметом многочисленных научных исследований, а вот пространственная активность черепах и змей оставалась малоизвестной. Одно время считали даже, что многие виды этих пресмыкающихся вообще не имеют четко выраженных индивидуальных участков, а ведут кочевой образ жизни.

Тут нужно учесть, что большинство змей и черепах очень скрытны, за ними трудно наблюдать, их сложно отлавливать. Однако с внедрением в зоологические исследования миниатюрных радиопередатчиков ученые получили возможность изучать индивидуальную активность и этих животных. Удалось установить, что даже у водных черепах есть постоянные индивидуальные участки, только гораздо более обширные, чем у ящериц. Размеры, структура и особенности использования подобных участков варьируют в зависимости от множества факторов.

Исследователи из Университета Нью-Хэмпшира (США) провели радиотелеметрические наблюдения за американской болотной

черепахой (*Emydoidea blandingii*) в двух местообитаниях этого штата, расположенного на северо-востоке страны¹. Этот вид внешне и по биологическим особенностям очень похож на европейскую болотную черепаху (*Emys orbicularis*) и довольно обычен на северо-востоке США. Наблюдения за 18 особями, снабженными радиопередатчиками, вели в течение трех лет. И выяснили: эти пресноводные черепахи перемещаются на значительные расстояния по своим обширным индивидуальным участкам, средние размеры которых в одном из мест обитания составляют 12,5 га, а в другом — 3,7 га. Площадь центров активности (более интенсивно используемая территория индивидуального участка) существенно меньше — 3,1 и 1,6 га соответственно. Эти различия отражают особенности условий жизни в разных местах ареала. В центрах активности черепахи спариваются и устраиваются для летнего покоя, а места для зимовки отыскивают за пределами центра.

Особенности индивидуального использования пространства другой североамериканской пресноводной черепахой — обыкновенной мускусной черепахой (*Sternotherus odoratus*) — изучали герпетологи из Колледжа Альма². Этот вид ведет исключительно водный образ жизни, на сушу самки выходят в основном для откладки яиц. Однако радиотелеметрия помогла охарактеризовать индивидуальные участки и мускусных черепах. Оказалось, что их подводные территории, тоже имеющие центры активности, располагаются на глубине не более 1–2 м.

Сведения об индивидуальных участках пресноводных черепах не просто любопытны — они важны для понимания их связей с окружающей средой. Более того, подобные знания нужны и для организации мероприятий по сохранению пресноводных черепах,

¹ Innes R.J., Rabbitt K.J., Kanter J.J. // Northeastern Naturalist. 2008. V.15. №3. P.431–444.

² McCarthy P., Rowe J.W., Lebr G. // Michigan Academician. 2008. V.37. №4. P.122.

поскольку практически все они в той или иной степени находятся под угрозой исчезновения.

© Семенов Д.В.,
кандидат биологических наук
Москва

Океанология. Физика океана

Землетрясения и цунами на Курилах — оправдавшийся прогноз

Сильнейшие землетрясения в районе средней группы Курил произошли, как известно, 15 ноября 2006 г. ($M = 8.3$) и 13 января 2007 г. ($M = 8.1$). Они вызвали цунами, зарегистрированные по всей акватории Тихого океана, причем цунами 15 ноября 2006 г. было наиболее интенсивным событием такого рода за последние 42 года (после катастрофического Аляскинского 1964 г.).

Уникальность ноябрьского землетрясения и цунами заключается в том, что высокая вероятность ближайшего по времени подобного события в районе Курил была выявлена предварительно, район предполагаемого очага исследован заранее, а различные сценарии формирования и распространения волн цунами промоделированы. Иначе говоря, впервые в практике изучения цунами событие начали исследовать прежде, чем оно произошло. Второе, январское, землетрясение существенно отличалось от первого по сейсмическим параметрам. Оно также вызвало трансокеанское цунами, однако различия в механизме сейсмического очага привели и к существенным различиям в параметрах возбужденных волн.

Сейсмически активные районы земного шара, расположенные преимущественно вблизи островных дуг и океанских окраин, где в течение длительного времени не происходило сильных землетрясений (так называемые зоны сейсмического молчания или сейсмические брешы), характеризуются повышенной вероятностью возникновения катастрофического землетрясения. В таких зонах из-

за длительного взаимодействия литосферных плит аккумулируется огромный запас упругой энергии, готовой в любой момент «выстрелить». Поэтому один из наиболее эффективных методов долгосрочного прогноза сильных землетрясений и связанных с ними цунами основан на выявлении сейсмических брешей и оценке их потенциала.

Исследование районов повышенной сейсмической опасности в Тихом океане показало, что одна из самых крупных и долгоживущих сейсмических брешей расположена в центре Курило-Камчатской зоны субдукции. Сильных землетрясений в пределах самой этой брешы не было свыше 150 лет, а поскольку характерная длительность сейсмического цикла составляет здесь 140 ± 60 лет, вероятность катастрофического землетрясения и связанного с ним цунами чрезвычайно высока, и, значит, район Центрально-Курильской сейсмической брешы требует постоянно геофизического мониторинга. Именно с такой целью Российская академия наук организовала сюда две геофизические экспедиции. Выполненные в них комплексные исследования подтвердили высокий сейсмический потенциал центральной части Курильской островной дуги и показали, что эта зона разбита поперечными разломами на серию небольших блоков («клавиш»), а сила ожидаемого землетрясения и вызванного им цунами будет зависеть от того, сколько «клавиш» сработает одновременно. Для прогнозистических расчетов была использована клавишная модель, разработанная Л.И.Лобковским (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН). Землетрясения 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. произошли именно там, где они и прогнозировались.

Исследователи отмечают, что возможности точного обнаружения волн цунами на российском побережье, а следовательно, и оперативной корректировки тревог цунами существенно ограничены из-за недостатка цифровых мареографов с передачей информации в реальном масштабе

времени. В настоящее время изменения уровня моря на Дальнем Востоке ведутся с помощью архаичных аналоговых мареографов, к тому же расположенных в 500—800 км от эпицентров землетрясений 2006 и 2007 гг., тогда как по современным требованиям их густота на побережье сейсмоактивных районов должна быть 100—150 км. Два сильнейших цунами, возникших у дальневосточных берегов России, говорят об огромной угрозе, которая ныне еще более возросла в связи с активным развитием на Сахалине нефти- и газодобывающей промышленности, прокладкой трубопроводов и т.п. — разрушительные цунами могут привести к серьезной экологической катастрофе в этом районе.

Океанология. 2009. Т.49. №2 С.181–197 (Россия).

Палеонтология

Недостающее звено между динозаврами и птицами?

Пальцы передних конечностей недавно открытого вида динозавров подтверждают представление о том, что птицы и динозавры — филогенетически близкие группы. Многие палеонтологи утверждают, что тераподы — группа преимущественно плотоядных динозавров, ходивших на двух ногах, — не вымерли вместе с прочими динозаврами 65 млн лет назад. Исследования показывают, что эта группа выжила, а современные птицы являются ее потомками. Однако противники этой теории с давних пор указывают, что расположение костей в крыльях птиц отличается от расположения костей в передних конечностях динозавров.

Новый вид, который по окаменелым остаткам описала группа китайских и американских палеонтологов, получил название *Limusaurus inextricabilis*. Этот динозавр размером со страуса жил в Китае около 159 млн лет назад. Скелетные остатки нескольких особей были найдены на берегу

древнего моря в окаменевшей глине, где они, вероятно, увязли в поисках корма. В отличие от большинства терапод, *Linextricabilis*, скорее всего, принадлежал к растительноядным ящерам. У них не было зубов, однако имелся клюв. Решающее свидетельство их растительности — наличие среди костных остатков гастролитов — камней, проглоченных динозаврами для перетирания растительной пищи в желудке.

Однако самый неожиданный отличительный признак *Linextricabilis* — строение пальцев передних конечностей. У всех найденных экземпляров первый, самый внутренний, палец намного короче трех остальных. Эта особенность не свойственна ни одному из известных до сих пор видов терапод. Если у ранних терапод и их предков на передних конечностях было четыре или пять пальцев, то у более поздних их число сократилось до трех или менее. Судя по ранее найденным окаменелостям, пальцы, отсутствующие у поздних терапод, утрачивались с внешней стороны лапы, так что оставались лишь три внутренних. Однако развитие птичьих эмбрионов показывает, что кости крыльев взрослых птиц гомологичны второму, третьему и четвертому пальцам их предков-динозавров. Некоторые палеонтологи считают такое несоответствие доказательством отсутствия близкородственности этих двух групп.

Авторы исследования утверждают, что новая находка ослабляет позицию скептиков, так как по крайней мере некоторые тераподы утратили свой внутренний палец.

Nature. 2009. V.459. P.940–944 (Великобритания).

Археология

Ногтевые отпечатки на керамике указывают пол гончара

По археологическим данным нельзя определить, кто именно — мужчина или женщина — изготовлял глиняную посуду на протяжении многовековой истории гон-

чарства. Отсутствие таких свидетельств сдерживает разработку методов изучения керамики в качестве исторического источника.

Именно это обстоятельство побудило сотрудников группы по изучению истории керамики (А.А.Бобринский и др., Институт археологии РАН) искать пути и средства, позволяющие устранить пробелы в знаниях о древних гончарах. Прежде всего предстояло выделить детали, которые могли бы служить надежным вещественным источником информации о половой принадлежности людей, делавших керамику, а затем разработать методику установления пола индивида по керамическим находкам.

В качестве вещественных носителей информации были взяты находки керамики с отпечатками ногтевых пластин. Такие отпечатки наиболее часто остаются при нанесении ногтевых орнаментов — «тычковых», которые делают концом одного пальца, и «защипных» — концами двух пальцев. Полагая, что строение ногтевых пластин у древних и современных людей принципиально не отличается, методику разрабатывали по отпечаткам пальцев современников. На протяжении ряда лет была составлена коллекция отпечатков и слепков, оттиснутых в глине, примерно 600 лиц мужского и 600 лиц женского пола в возрасте от 4 до 80 лет. Из фиксируемых на концах пальцев деталей строения (свыше 30) была выделена и изучалась ширина ногтевой пластины — именно она наиболее часто и строго может быть учтена по отпечаткам.

Однако одна лишь ширина ногтевой пластины не могла использоваться для определения пола, ибо этот показатель весьма индивидуален и постоянно увеличивается на протяжении жизни. Зато было установлено, что на руках у мужчин и женщин три пальца — большой, средний и мизинец — по ширине ногтевой пластины всегда ранжированы: большой стоит на первом месте, средний — на втором, мизинец — на пятом. И только два пальца — указательный

и безымянный — выпадают из этого порядка: у мужчин указательные пальцы занимают четвертое место, а безымянные — третье, а у женщин наоборот. Таким образом, путем сравнительного изучения соотношений ширины ногтевых пластин выяснили, что именно по этому признаку можно судить о половой принадлежности индивидов.

Основанием для такого мнения послужили результаты проверки реальной связи выделенных стандартов с современными мужчинами и женщинами в возрасте от 4 до 78 лет. У лиц мужского пола соответствие мужского физиологического стандарта отмечено в 98.3% случаев по правым рукам и в 96.5% — по левым. У лиц женского пола такие соответствия зафиксированы в 91.2% случаев по правым рукам и в 88.2% — по левым. Отступления от женского физиологического стандарта связаны с кратковременными нарушениями гормонального статуса в периоды регул или беременности. Если учесть это обстоятельство и этнографические данные о запретах делать женщинам посуду в период регул, то можно принять, что выявленные физиологические особенности — вполне реальный источник информации о половой принадлежности людей, занимавшихся изготовлением глиняной посуды.

К настоящему времени авторы разработали первый вариант такой методики. В качестве практического применения она использована при изучении нескольких образцов керамики с ногтевыми орнаментами из памятников эпохи раннего железа (городища Кузина Гора, Милограды, поселения Подгорцы). Методика позволяет не только ввести в научный оборот новые сведения о древних гончарах, но и расширить представления о связях между предметным миром, который археологи изучают по вещественным остаткам, и миром людей, его создававшим на протяжении тысячелетий.

Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. 2008. Т.III. С.333–335 (Россия).

«Одна из славных русских женщин»

О.П.Белозеров,

кандидат биологических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН
Москва

Ольга Александровна Федченко — путешественница и ученый-ботаник — была заметной фигурой в российском научном сообществе конца XIX — начала XX в. Известность (в том числе международную) ей принесли в первую очередь экспедиции в Туркестан (первая — с мужем Алексеем Павловичем Федченко), но значительный вклад она внесла также в изучение флоры ряда других регионов Российской империи и описание отдельных родов растений; немаловажной была и научно-организационная и издательская деятельность Ольги Александровны. Признанием несомненного вклада Федченко в науку стало ее избрание членом-корреспондентом Петербургской академии наук, чего до революции удаивались очень немногие женщины.

Первая полноценная биография Федченко — отрадное событие. Все изданное о ней ранее — это небольшие статьи (некрологи, воспоминания, заметки в энциклопедиях), вышедшие большей частью в 1920-х годах, вскоре после ее смерти. Открывает книгу подробный рассказ о семье Ольги Александровны, ее детских и отроческих годах. Она была третьим ребенком в семье профессора медицины Московского университета Александра Осиповича Армфельда и его жены Анны Васильевны (в девичестве Дмитровской). Родилась непосредственно в здании университета,

где семья имела казенную квартиру. Дом Армфельдов был хорошо известен в Москве как один из центров культурной жизни. Здесь бывали М.Ю.Лермонтов, Н.В.Гоголь, М.С.Щепкин, С.Т.Аксаков, а сам Александр Осипович славился эрудицией и остроумием.

До одиннадцати лет Ольга обучалась дома, а в 1857 г. поступила в Николаевский сиротский институт, инспектором которого (наряду с работой в университете) был ее отец. Изначально предназначенное для девочек-сирот и дочерей обер-офицеров (с 1853 г. здесь стали обучаться также дети классных дам и служащих), это учебное заведение готовило учительниц и воспитательниц. Образование Ольги этим не ограничивалось — стараниями матери она продолжала занятия музыкой, рисованием и английским языком. Очень рано у нее проявился и интерес к естествознанию: еще будучи ученицей она собрала небольшую коллекцию минералов, раковин и чучел птиц, а также гербарий растений Можайского уезда Московской губернии, где семья проводила лето.

Окончив в 1864 г. институт с дипломом кандидата (наивысший показатель успеваемости во время обучения), Ольга Александровна дает уроки французского и немецкого языков, рисования и музыки, хотя материально в то время была вполне обеспечена. В год окончания ею института официально оформляется Общество любителей естествознания, антропологии



Валькова О.А. ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА ФЕДЧЕНКО. 1845—1921. М.: Наука, 2006. 318 с.

и этнографии (ОЛЕАЭ), членом-основателем которого она стала. Ее дальнейшая деятельность была тесно связана с этим научным объединением.

В 1867 г. она выходит замуж за Алексея Павловича Федченко, недавнего выпускника Московского университета (1864), на тот момент занимавшего скромную должность помощника инспектора студентов. Этот брак не только не положил конца научным занятиям Ольги Александровны, но, наоборот, немало им способствовал.

До преждевременной и трагической гибели Алексея Павловича супруги вместе совершили несколько поездок и экспедиций — в Финляндию и Швецию (1867), Туркестан (1868—1872), Германию, Англию, Францию и Швейцарию (1872—1873). Из упомянутых путешествий наибольшее значение имела экспедиция в Туркестан, ставшая важной вехой в изучении этого края. Маршруты, пройденные О.А. и А.П.Федченко, были не очень длинными, однако им удалось собрать богатейший материал по туркестанским флоре и фауне, провести антропологическое и этнографическое обследование местного населения и сделать географическое описание посещенных местностей. В рамках экспедиции Федченко обследовали окрестности Ташкента и Самарканда, совершили поездки в Зеравшанскую долину, на озеро Искандер-куль, в Кызылкумы и Кокандское ханство. Ольга Александровна отвечала за ботаническую часть этих поездок. Кроме того, здесь очень пригодились ее художественные таланты — на созданных во время путешествий рисунках она зафиксировала виды Туркестана, исторические и современные постройки. Собранные материалы легли в основу Туркестанского отдела Политехнической выставки, прошедшей в Москве в 1872 г. В том же году родился их сын Борис.

Результаты туркестанской экспедиции четы Федченко, про-

веденной под патронажем генерал-губернатора К.П.фон Кауфмана и при поддержке ОЛЕАЭ, получили высокую оценку научного сообщества и властей. После окончания экспедиции супруги выехали в Европу для подготовки издания собранных материалов. Во время этой командировки Алексей Павлович, переживший немало опасных моментов в Туркестане, трагически погибает в ночь со 2 на 3 сентября 1873 г. во Французских Альпах при восхождении на ледник.

Ольга Александровна взяла на себя тяжкий труд по изданию материалов туркестанской экспедиции, который растянулся на без малого 30 лет (первые два выпуска «Путешествия в Туркестан» вышли в 1874 г., последний — в 1902 г.). О.А.Федченко пришлось проявить немало упорства и дипломатичности, чтобы добиться от исследователей, занятых обработкой сборов экспедиции, результатов подобающего качества и уложиться в имеющуюся смету издания. Стоит упомянуть о том, что украшением этих томов стали иллюстрации-литографии, выполненные либо самой Ольгой Александровной, либо другими художниками по ее рисункам — художественный стиль Федченко отличали присущие ей как ученому скрупулезная точность и внимание к деталям.

Немало места в книге уделено и судьбам братьев и сестер Ольги Александровны. По ее воспоминаниям, их было девять, но прослежены судьбы только троих (кроме самой Федченко). Пути детей семьи Армфельдов радикально разошлись: старшие (к которым кроме самой Ольги Александровны принадлежал ее брат Александр, известный агроном и животновод, одно время работавший в Новороссийском университете и бывший активным членом Московского общества сельского хозяйства) пошли в науку, младшие занялись революционной деятельностью. Наталья Армфельд после окончания Николаевского института

поехала для продолжения образования в Гейдельбергский университет, где познакомилась с революционными идеями. Вернувшись в Москву, она превратила особняк Армфельдов в место встречи радикально настроенной молодежи, постепенно втянув в эту работу и младшего брата Николая. Ее не раз задерживали за пропаганду революционных идей, а в 1878 г. она перешла на нелегальное положение, была судима за участие в вооруженном столкновении с полицией, приговорена к каторжным работам и скончалась в 1887 г. в Карской тюрьме. Спустя три года после ареста сестры был арестован Николай и через какое-то время погиб от туберкулеза.

Все происходившее с младшими членами семьи Армфельдов серьезно омрачало жизнь Ольги Александровны. Все же она не оставляла попыток заниматься ботаникой. Живя летом в своем имении Трепарево, находившемся в Можайском уезде Московской губернии, много времени уделяла изучению местной флоры, собрав гербарий, который потом использовался многими известными ботаниками. Эти же материалы легли в основу ее статьи «Список растений Можайского уезда Московской губернии», увидевшей свет в 1891 г. в американском журнале *Boston Journal (Popular Science News)*.

Размеренная жизнь 1880-х годов, которая Ольгу Александровну, склонную к путешествиям, отчасти тяготила, меняется в следующем десятилетии. Сын Борис почти вырос, и она возвращается к активной экспедиционной работе. Летом 1891 и 1892 гг. Федченко вместе с сыном совершает экспедиции в Уфимскую губернию, в 1893 и 1894 гг. — в Крым и на Кавказ. А в 1897 г., пользуясь тем, что Борис был командирован Русским географическим обществом в Туркестан, она смогла вновь посетить этот регион, вернуться в который давно мечтала. Летом того года она около

двух с половиной месяцев провела в Чимганской долине, собрав здесь богатый гербарий и коллекцию насекомых.

В 1901 г. Федченко — снова в компании с сыном и рядом других исследователей — совершила экспедицию на Памир, организованную за счет ОЛЕАЭ. В 1871 г., во время своей первой туркестанской экспедиции, О.А. и А.П.Федченко дошли до Заалайского хребта и по Памиру не путешествовали, отложив эту цель до ближайшего будущего. Осуществления этого намерения пришлось ждать 30 лет. На Памире Ольга Александровна и Борис Алексеевич пробыли все короткое местное лето, пройдя за этот срок около 1500 верст верхом караванными путями, по горным тропам, ущельям, карнизам, в сложных климатических условиях. Вступив на Памир через перевал Кызыл-Арт, они дошли до самой границы Афганистана — р.Пяндж — и вернулись обратно практически тем же путем. Благодаря последнему обстоятельству они смогли наблюдать одни и те же виды растений на разных стадиях развития. Ботаническая коллекция, собранная по результатам этого путешествия, отличалась богатством и насчитывала более 1 тыс. видов цветковых растений и около 50 споровых (всего 10—12 тыс. экземпляров); кроме того, были собраны зоологическая коллекция, коллекция образцов почв и горных пород.

Вернувшись из этой экспедиции, Ольга Александровна посвятила немало усилий публикации собранных материалов. Ею были подготовлены работы «Растения Памира, собранные в 1901 г. Б.А. и О.А.Федченко» (1904), «Флора Памира. Собственные исследования и свод предыдущих» (1903), в последующие годы — пять «Дополнений к “Флоре Памира”» (1905—1914) и ряд других публикаций. Одновременно она много внимания уделяет акклиматизационному саду, который заложила в своем подмосковном имении Ольгино в 1895 г. для разведения привезенных из экспедиции растений (он приобрел широкую известность). Занимается разбором и приведением в порядок гербариев Санкт-Петербургского ботанического сада. Оказывает помощь сыну, который все чаще проводит время в экспедициях.

За период с 1897 по 1921 г. Ольга Александровна опубликовала около 100 научных работ. Наиболее значимыми кроме уже упомянутых памирских были «Eremerus. Kritische Uebersicht über die Gattung» («Критическое описание рода Eremerus», 1909), «Conspectus florum Turkestanicae» (краткий перечень видов туркестанской флоры, 1906—1916) и посмертная «Iridaceae Русской флоры» (1924).

Умерла Ольга Александровна в ночь с 28 на 29 апреля 1921 г. в Петрограде, ее могила находится на Смоленском кладбище. Российская академия наук и ряд

научных организаций и обществ — Совет Ботанического сада, ОЛЕАЭ, Московское отделение Туркестанского общества — организовали заседания, посвященные ее памяти. На собрании Отделения физико-математических наук РАН 21 мая 1921 г. В.Л.Комаров прочитал некролог, в котором, в частности, отметил, что «в Ольге Александровне мы чтим не только ученого, но и одну из тех славных русских женщин, которые прокладывали новые пути, выходя из узкой сферы домашних интересов на широкую дорогу общественного служения, и вместе с тем работали над созданием той идейной самоотверженной русской интеллигенции, которую по справедливости гордится наша страна» (с.280). В 1924 г. второй выпуск 23-го тома «Известий Главного ботанического сада РСФСР» вышел с посвящением памяти Ольги Александровны Федченко.

В книге основной упор сделан на ботанические труды Федченко, автор отмечает, что только слегка коснулась вклада Ольги Александровны в зоологию и совершенно не затрагивала ее историко-научные исследования. Тем не менее эта книга пока что — самая полная биография О.А.Федченко. А поскольку работа автора по изучению деятельности русских женщин-ученых продолжается, то, кто знает, может быть, отмеченные лакуны будут закрыты в новом издании этого труда. ■

Биология

И.Ю.Попов. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН В БИОЛОГИИ. СПб.; М.: КМК, 2008. 223 с.

По меньшей мере около 150 лет продолжают поиски периодических систем в биологии, напоминающих систему химических элементов Менделеева.

На первый взгляд, признается автор, идея кажется абсурдной и наивной. Однако обратившись к истории, можно увидеть, что попытки обобщений, которые выполняли бы функцию периодического закона и Периодической системы, предпринимались в биологии довольно часто и продолжают предприниматься в настоящее время. Движение в этом направлении объясняется желанием решить некоторые извечные проблемы биологии, в особенности систематики. Наверное, говорится в книге, нет ни одной группы организмов, которая не нуждалась бы в полной таксономической ревизии. Со времен К.Линнея и до сих пор системы живых организмов постоянно пересматриваются, и пока трудно себе представить, что это когда-нибудь завершится. В такой ситуации естественно возникает желание попытаться создать нечто сходное с системами химии, т.е. сделать так, чтобы при поступлении новых данных надо было не менять всю систему, а заполнять в ней пустые клетки, подобно тому, как вписывались новые элементы в систему Менделеева.

В этом ракурсе автор рассматривает идеи и конкретные работы второй половины XIX в., затем 1900—1930-х годов и, наконец, периода 1940—2005 гг. Монография содержит ряд гипотез, которые должны быть интересны уже состоявшимся и будущим биологам.

География

И.А.Зотиков. АНТАРКТИДА. ДОРОГА К ОЗЕРУ ВОСТОК. М.: Голос-Пресс, 2008. 384 с.

Книга известного гляциолога члена-корреспондента РАН Игоря Алексеевича Зотикова представляет собой несколько очерков о событиях, связанных с основным его открытием, сделанным еще в 1960-х годах. По расчетам автора, под антарктическими ледниками существуют озера из талой воды и, в частности, огромное озеро Восток в районе одноименной российской антарктической станции. В основе книги повествования об антарктических экспедициях — российских и американских (автор целый год работал с американскими полярниками), и наконец рассказ о проникновении в подледное озеро Восток. В книге немало художественных строк (недаром Зотиков — член Союза писателей России, написавший несколько книг). Необычна первая глава книги о Подольской онкологической больнице, где в 1960-х автор «вытянул счастливый билет», позволивший ему пуститься в долгий путь до оз. Восток. Как и другие книги Зотикова, эта иллюстрирована самим автором — здесь его фотографии и репродукции с собственных картин. Книга выпущена в связи с окончанием Международного полярного года 2007—2008 под попечительством Благотворительного фонда «Энциклопедия Серафима Саровского».

История науки

«ВРАГИ НАРОДА» ЗА ПОЛЯРНЫМ КРУГОМ: Сб. статей / Под ред. А.Н.Земцова. М.: ИИЕТ им.С.И. Вавилова РАН, 2007. 220 с.

Этот сборник, реально вышедший в свет в 2008 г., состоит

из шести очерков, посвященных истории репрессий против советских полярников с 1928 по 1952 г.

В основной статье (автор С.А.Ларьков, «Мемориал») с тем же названием, что и вся книга, впервые сделана попытка выявить масштабы политических преследований людей, профессия которых считалась в СССР героической. Обобщены документально подтвержденные сведения о необоснованных репрессиях примерно 700 полярников.

Два очерка того же автора рассказывают об известных экспедициях в Арктике — на «Красине» под руководством Р.Л.Самойловича (по спасению группы итальянского генерала У.Нобиле, летавшего к Северному полюсу на дирижабле «Италия» в мае 1928 г.) и под руководством начальника Главсевморпути О.Ю.Шмидта на пароходе «Челюскин» в январе—апреле 1934 г. Из участников первой экспедиции около 18 человек было репрессировано, погиб в 1939(?) и сам Самойлович. Немал скорбный список «героев-челюскинцев», подвергшихся арестам, ссылкам, расстрелам.

Первой попытке перевозки заключенных по арктическим морям посвящен очерк «Законвоированные зимовщики» (авторы С.А.Ларьков и Ф.А.Романенко, географический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова). В очерке Ларькова «Об одном полярном мифе ГУЛАГа» опровергаются распространявшиеся в последние годы сообщения о гибели в Арктике в 1934 г. парохода «Пижма» с заключенными на борту. В конце книги приводятся сведения о географическом расположении наиболее северных лагерей ГУЛАГа.

Авторы статей используют неизвестные ранее архивные материалы.

Открытие кяанга

Н.В.Паклина

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН
Москва

К.ван Орден

Департамент охраны природы провинции Южная Голландия
Нидерланды

История открытия лошади Пржевальского широко известна. А вот кто, где и как открыл кяанга, другого дикого представителя рода лошадей, знают не многие. Хотя судьба этого открытия не менее интересна. Случилось так, что сразу три исследователя независимо друг от друга обнаружили неизвестный науке вид непарнокопытного животного в разных концах необъятного Тибетского нагорья, площадь которого равна почти двум миллионам квадратных километров. Но слава открытия кяанга по праву принадлежит Уильяму Муркрофту, на несколько лет опередившему других исследователей. Именно его имя присутствует в полном научном названии вида — *Equus kiang*, Moorcroft, 1841. Другой англичанин, Брайан Ходжсон, получил образцы шкур и черепов кяанга из южных районов Тибета, а наш известный исследователь Центральной Азии Николай Михайлович Пржевальский добыл их на северо-востоке Тибета.

* * *

Уильям Муркрофт — человек очень необычной судьбы [1]. Родился он в местечке Ормскирк в Ленкершире (Англия) в 1767 г. Его мать, Энн Муркрофт, была дочерью богатого скотовладельца. Отец остался неизвестен, что, впрочем, было вполне обычным делом для того времени. Мальчика, как сына, воспитывал дед, посвящая в секреты



Самка кяанга. Ладакх (Индия). 2001 г.

Фото авторов

своего большого фермерского хозяйства. Уильям живо интересовался многими занятиями, но особенно любил лечить животных. А всем домашним животным предпочитал лошадей.

Когда Уильям подрос, он стал учеником доктора Джона Лайона. Доктор был доволен успехами мальчика и прочил ему будущее блестящего хирурга. Но Уильям, которого фермеры уже тогда частенько просили полечить больных животных, выбрал профессию ветеринара и решил продолжить свое образование во Франции, в ветеринарном учебном заведении Лиона. В Англии тогда еще подоб-

ных школ не было. В 1792 г. он успешно закончил учебу, вернулся в свою страну первым дипломированным ветеринаром и вскоре открыл собственную практику в Лондоне на Оксфорд-стрит.

Лондон, в то время крупнейший и богатейший город мира с 900-тысячным населением, рос и развивался быстрыми темпами, а вместе с этим повышался и спрос на лошадей, которых в городе насчитывалось около 150 тыс. Так что недостатка в клиентах у молодого ветеринара не было. Часто у него появлялись и люди из высшего света — владельцы дорогих поро-

дистых лошадей. Сложные операции, успешно проводимые Муркрофтом, не только принесли ему славу, но и обеспечили рост благосостояния. В 1801 г. этот ветеринар зарабатывал уже три тысячи фунтов стерлингов в год. Во всей Англии было только 200 семей с таким же или большим доходом.

От Лондонского университета, где предполагалось открыть ветеринарную кафедру, Муркрофт получил лестное предложение стать профессором. Казалось бы, все складывалось как нельзя лучше, но Муркрофт неожиданно для всех отказался от предложения, ссылаясь на... плохое здоровье! Тут можно только улыбнуться. Плохое здоровье было явной отговоркой — во всем Лондоне трудно было найти более здорового человека, чем Муркрофт, и последующие годы его жизни служат тому доказательством. Дело, видимо, было просто в том, что этот энергичный человек другим представлял свое будущее.

К нему часто приводили хромавших лошадей. И в подавляющем большинстве случаев причиной болезни были плохие подковы. Размышляя над тем, как защитить лошадей от хромоты, Муркрофт изобрел новый вид подков и способ их машинного производства. Чтобы воплотить идею в жизнь, он построил фабрику, вложив в это предприятие все свои капиталы. Но его идея опередила свое время: владельцы лошадей не доверяли новым подковам и предпочитали покупать изделия ручной работы старого образца... Позднее, уже после смерти Муркрофта, использование этого изобретения принесло кому-то миллионные прибыли, а в то время предприятие потерпело полный крах. Однако неправы будут те, кто подумает, что последовавшее за крахом решение, которое круто изменило жизнь Муркрофта, было вынужденным. Его имя и процветающий ветеринарный бизнес могли легко возместить финансо-

вые потери. Между тем Муркрофт вдруг принял решение оставить свою успешную практику и принять предложение Объединенной Восточно-Индийской компании отправиться в Индию в качестве инспектора крупнейшего центра разведения лошадей. О проблемах, с которыми сталкивалась английская кавалерия в колониальной Индии, Муркрофт знал из разговоров с сотрудниками компании, чей офис находился рядом с его ветеринарной клиникой.

В Индию он прибыл в ноябре 1808 г. Центр разведения лошадей находился в Пузе, недалеко от Калькутты, в болотистом и совсем не подходящем для коневодства месте. Первым желанием Муркрофта было немедленно уехать обратно, но ему удалось побороть это чувство и направить всю свою кипучую энергию на реорганизацию центра. Время шло, а поправить дела в этом гнилом климате не удавалось. Нужно было найти более подходящее место и приобрести новых лошадей. Для этого Муркрофт отправился на север Индии, в город Хардвар, расположенный у подножий Гималаев. В Хардваре ему не удалось купить нужного количества лошадей, но от местных торговцев он услышал рассказы о рынках Бухары, где, по их словам, продавались поистине прекрасные туркменские лошади. И мечта о путешествии в Бухару зародилась в его уме и сердце.

Несмотря на то что попечительский совет в Пузе отнесся настороженно к идее Муркрофта отправиться в длительную поездку, ему удалось получить разрешение на отъезд, заручившись поддержкой губернатора Индии. И в 1812 г. Муркрофт снова отправился в Хардвар, но оттуда он почему-то двинулся не в Бухару, как намечалось, а в Тибет. Возьмем на себя смелость предположить, что примерно с этого времени началась его работа в качестве агента британской разведки. Задачи разведчика в то время,

должно быть, совпадали с интересами путешественника и исследователя. Тибет был закрытой страной, о которой почти ничего не было известно: не существовало карт, не было установлено местоположение столицы Тибета — легендарного города Лхасы. Оставалось загадкой и то, какие дикие животные обитают в Тибете и какие растения там произрастают. Правительство Тибета не хотело пускать иноземцев в свою «страну религий» и особенно в ее столицу Лхасу. Но при этом приграничная торговля процветала, и фанатичные паломники-одиночки, присоединяясь к караванам местных купцов, посещали священные земли. На подобные ухищрения приходилось пускаться и многим исследователям. Их не останавливало и то, что посещение Тибета было сопряжено не только с трудностями, но и с большим риском: вошедших без разрешения в Лхасу могли даже обезглавить.

Во время путешествия в Тибет Муркрофта сопровождал Хайдер Хирсей. Они передвигались, одевшись паломниками. Покинув в конце мая индийский поселок Джосимат, в начале июля путешественники добрались до Тибета, а в начале августа были у священного озера Манасарова. В Калькутту вернулись в ноябре через Бутан. Это путешествие увенчалось важнейшими географическими открытиями. Одним из них было опровержение бытовавшего тогда мнения, что крупнейшие индийские реки Ганг, Инд и Брахмапутра берут начало в озере Манасарова.

Сохранилась акварель, написанная Хирсеем в память об этом «паломничестве». Судя по тому что на заднем плане изображены кианги, Муркрофт впервые увидел их во время этого путешествия. Но добыть кианга в тот раз ему не удалось, и поэтому официальная дата «открытия» кианга относится к более позднему времени.

Муркрофт привез с собой большую коллекцию растений,

а также черепов и шкур разных животных. Вот почему не только кианг, но и многие другие животные и растения носят его имя. Однако обещанных лошадей с ним не было. Обманутые в своих ожиданиях попечители были возмущены: если бы они знали, что он пойдет в Тибет, то ни за что бы не дали на это своего согласия. И они поставили Муркрофту жесткое условие: с этого времени он должен заниматься только лошадыми.

Добиться нового разрешения отправиться в Бухару за лошадьми ему удалось только в 1819 г. На этот раз Муркрофту помогло желание торговых дельцов из Калькутты наладить торговые отношения с Бухарой. Была организована настоящая экспедиция. Торговые дельцы наделили Муркрофта товарами на сумму четыре тысячи фунтов стерлингов (огромные по тем временам деньги!). В сопровождение он получил 50 человек — от повара до собирателя растений, включая солдат и переводчиков, но был предупрежден, что риск путешествия очень велик, так как европейцы никогда раньше не посещали тех районов, где междоусобные войны, грабежи и захват в рабство были обычным делом.

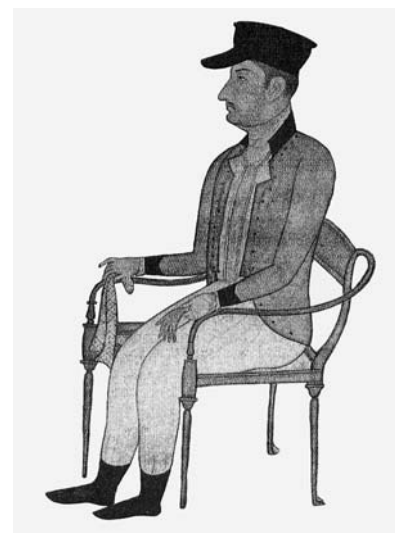
В начале пути в качестве транспортных и вьючных животных использовались слоны и лошади. Позже, когда экспедиция преодолевала южные склоны Гималаев, слоны были заменены овцами и козами. Главным помощником Муркрофта в этой экспедиции стал девятнадцатилетний геолог по имени Джордж Требек, к которому Муркрофт относился очень хорошо, даже по-отечески.

В Алморе Муркрофт заболел холерой и две недели находился на грани жизни и смерти. Но не только сам излечился от этой дотоле неизлечимой болезни, но позднее лечил от нее местных жителей. Благодаря успешному врачеванию он заслужил хорошее отношение местных жителей, и экспедиция благопо-

лучно продвигалась вперед при их поддержке. В конце сентября 1820 г. экспедиция преодолела Гималаи и достигла столицы Ладакха — города Леха. Отсюда Муркрофт собирался двинуться в Китай через Яркенд, но китайцы чинили всяческие препятствия. Две зимы (!) Муркрофт прождал в Лехе разрешения идти через Яркенд, но так его и не получил. Однако, как говорится, что ни делается, все к лучшему: у Муркрофта было время для того, чтобы ознакомиться с окрестностями Леха. Именно в это время и был открыт кианг.

В 1821 г., во время очередной поездки по Ладакху, Муркрофт и Требек в западных пределах Тибетского нагорья, южнее озера Пангонг, встретили большие табуны киангов. Долго, но безрезультатно пытались они убить хотя бы одно животное. Кианги не позволяли преследователям приблизиться к себе более чем на 500 м. Отбегая, они останавливались и смотрели назад, затем отбегали снова, а заслышав выстрелы, быстро исчезали. Пугливость киангов Муркрофт объяснял тем, что местные жители отстреливали их и ловили с помощью лассо. Неудачливые английские охотники вынуждены были прибегнуть к помощи местных жителей и за хорошее вознаграждение получили шкуру и скелет кианга из долины Чушул (33.7с.ш., 78.7 в.д.).

В 1822 г. в письме к Дж.Флемингу Муркрофт писал: «Это животное, которое, если не смотреть на уши, по красоте своих глаз и по легкости движений похоже гораздо больше на антилопу, чем на медлительных вьючных животных, хотя, безусловно, принадлежит к ослам». Хорошо зная не только домашних, но и диких лошадей, Муркрофт был уверен, что описал дотоле неизвестный науке вид непарнокопытных животных. «Это животное несравнимо с кхуром из Синда, от которого я получил однажды прекрасную самку», — добавлял он. Отмечая схожесть киангов с ослами, Муркрофт



Уильям Муркрофт. Рисунок, сделанный при его жизни [10].

подчеркивал и их отличия от последних: «Если смотреть издали, они имеют более “квадратную” форму, чем ослы. Шея более толстая, чем у ослов» [2]. Муркрофт предпочитал называть кианга дикой лошадью. И действительно, в наши дни кианг, как и несколько видов куланов, отнесены не к ослам, а объединены в отдельный подвид полуослов (*Hemionus*).

На этом месте можно было бы и закончить историю открытия кианга, но мы думаем, что читателей успела заинтересовать богатая приключениями судьба Уильяма Муркрофта, и поэтому позволим себе продолжить. В августе 1822 г. Муркрофт принял решение не ждать больше разрешения и двинуться дальше — через Кашмир в Кабул, куда экспедиция прибыла в последний день августа 1823 г. Таких прекрасных лошадей, как в Кабуле, Муркрофту раньше видеть не приходилось. Но приобрести их ему не удалось: люди боялись его многочисленной кавалерии и считали его миссию завоевательской. Поэтому экспедиция двинулась дальше, к цели своего путешествия и, наконец, в феврале 1825 г., достигла стен Бухары — столицы Трансокеании. Муркрофт почувствовал себя крестоносцем у



Акварель, написанная Хайдером Хирсеем в память о «паломничестве» в Тибет [10].

стен Иерусалима! Пятнадцать лет он мечтал об этом моменте! Но его ждало большое разочарование: после пятилетней междоусобной войны крупнейший рынок лошадей был пуст. К тому же он не смог продать привезенных с собой товаров, так как у людей просто не было денег на их приобретение. Но в конюшнях у эмира он нашел то, что искал. Таких лошадей стоило закупить для разведения в Англии, а не везти на погибель в болота Пузы. Муркрофту удалось сначала купить 40 (конечно, не самых лучших) из них, а когда он покидал Бухару, через пять месяцев пребывания в городе, с караваном шло уже 60 лошадей. Но этой экспедиции не суждено было вернуться в Индию.

О последних днях жизни Уильяма Муркрофта, как и о его путешествии в Тибет, имеются разноречивые сведения. Согласно одной версии, на обратном пути у него началась сильная лихорадка, от которой он и умер 27 августа 1825 г. в Алхе, а его тело было погребено у городской стены Балака, так как местные жители не позволили

захоронить иноверца на кладбище. Члены экспедиции после потери Муркрофта были многократно ограблены и пали духом. Некоторые из них были захвачены разбойниками и проданы в рабство. Джордж Требек только на несколько месяцев пережил Муркрофта. Позднее европейские путешественники находили вещи, принадлежавшие этой экспедиции, в самых разных и неожиданных местах.

Однако есть и другая версия обстоятельств смерти Уильяма Муркрофта [3]. Спустя лет двадцать после предполагаемой даты кончины Муркрофта два французских миссионера, направлявшихся в Тибет, слышали от местных жителей историю о том, что в Лхасе на протяжении двенадцати лет жил англичанин по фамилии Муркрофт. После его ухода из жизни в доме были найдены карты и планы закрытого для европейцев города.

* * *

Англичанин Брайан Хьютон Ходжсон служил с 1825 по 1843 г. в Катманду, а позднее, в 1845—1858 гг., в Дарджилинге

(в те дни части Сиккима) представителем Восточно-Индийской компании и собрал огромное количество зоологического материала из Непала и Тибета для Британского музея в Лондоне. После того как были опубликованы описания мертвых образцов животного, названного Муркрофтом *E.kiang* [4], он выдвинул рабочую гипотезу, что в Тибете существует второй дикий представитель семейства лошадей, который, возможно, не похож ни на киянга Муркрофта, ни на кулана (*E.bemionus*) Палласа. Но несколькими годами позже, когда Ходжсону удалось самому получить несколько образцов киянгов для оценки, он пришел к заключению, что «в Тибете... нет диких лошадей, а есть только один вид дикого осла, киянг...» Но он отнес этого животного к подроду диких ослов *Asinus* и поэтому дал ему другое название: *A.polyodon*, отметив, что эти животные «очень обычны во всех частях Тибета» [5].

Некоторые из семи оказавшихся в его распоряжении образцов животного были переданы ему доктором Арчибальдом Кемпбеллом, суперинтендантом Дарджилинга, сопровождавшим в путешествиях (1848—1849) известного «охотника за растениями» Дж.Д.Хукера. Точное место, откуда происходят эти экземпляры, осталось неизвестным: в музеях на этикетках есть только пометки (иногда со знаком вопроса): «Непал», «Верхний Сикким» или «Тибет». Вероятно, все они были приобретены у местных жителей, которые охотились в южных районах Тибета. К такому заключению пришли супруги Дензау [6], нашедшие в дневниках Кемпбелла следующую запись, сделанную им в Лачунге (Сикким) 25 октября 1849 г.: «Мы купили сегодня три хорошие шкуры тибетского киянга: самца, самки и жеребенка... Их продали нам тибетские охотники. Люди, которые живут охотой в Тибете, зовутся “хурпо”; их очень много, они едят

киангов и других животных, используют ружья, делают свой собственный порох, и они хорошие меткие стрелки; иногда они разводят и выпасают овец, но живут в основном охотой».

Ходжсон отметил одну интересную особенность у кيانга, а именно наличие у него дополнительного зуба на верхней челюсти [7]. Этот дополнительный премоляр, известный под названием «волчий зуб», встречается и у других лошадей, в том числе у домашних, но редко. У кيانга же, как утверждал Ходжсон, дополнительный зуб — обычное явление. Более поздние исследования подтвердили это наблюдение: Гровес и Мазак обнаружили присутствие «волчьего зуба» у 8 из 11 кيانгов [8], а супруги Дензау — у 5 из 7 в коллекции Зоологического музея Берлина.

Из всех образцов, посланных Ходжсоном в Британский музей, в сохранности дошли только несколько черепов и кости. Шкуры после длительной транспортировки пароходом из Индии были безнадежно испорчены насекомыми. Но кроме образцов кيانга Ходжсон послал еще несколько экземпляров тибетских пони, которых хранители музея по ошибке приняли за кيانгов. В дальнейшем, при описании вида, это привело к большой путанице. В настоящее время два черепа из коллекции Ходжсона хра-

нятся в Британском музее Лондона, два были подарены голландскому музею в Лейдене, и один — музею во Франкфурте.

* * *

Н.М.Пржевальский встретил кيانгов во время своей первой центрально-азиатской экспедиции (1870—1873) в северо-восточной части Тибетского нагорья, на верховьях Тэтунг-гола, «там, где горы Гань-су делаются безлесыми и принимают луговой характер». «Начиная отсюда, — пишет Пржевальский — дикий осел распространяется через Куку-нор и Цайдам в Северный Тибет, но в самом большом количестве живет на привольных лугах Куку-нора». Он называл кيانга диким ослом или хуланом (вслед за монголами), отмечая также, что тангуты зовут его «джан», и считал «самым замечательным животным кукунорских степей». «Этот зверь по величине и наружности походит на мула; цвет его шерсти сверху тела светло-коричневый, снизу чисто белый», — писал Пржевальский в книге «Монголия и страна тангутов» [9], где он дает подробное описание не только самого животного, но и образа его жизни.

Пржевальский отмечал: «Внешние чувства хулана развиты превосходно: он видит и чует удивительно. Убить это животное очень трудно, в особеннос-

ти в равнинной местности». Но членам экспедиции удалось добыть несколько взрослых и молодых кيانгов, чьи шкуры и скелеты были переданы в музей Санкт-Петербургской академии наук. Позднее эту коллекцию дополнили своими трофеями и другие русские исследователи: братья В.Е. и Г.Е.Грум-Гржимайло, М.В.Певцов, В.Роборовский и П.К.Козлов.

* * *

Анализ доставленных исследователями экземпляров выявил некоторые морфологические различия между ними, в первую очередь различие в размере. Южный кيانг оказался самым маленьким, высота в холке у него составляет всего 100—120 см, тогда как высота кيانгов восточного подвида достигает 141 см. Западные кيانги занимают промежуточное положение по этим показателям. Обнаруженные различия стали причиной выделения трех подвидов. Принято считать, что в Ладакхе живет западный подвид кيانга (*E.kiang kiang*), в Сиккиме — южный (*E.k.polyodon*), а в Северном и Восточном Тибете — восточный (*E.k.boldereri*). Границы ареалов отдельных подвидов установлены условно, так как все эти территории — части обширного Тибетского нагорья, между которыми нет непреодолимых препятствий. ■

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы Министерства образования и науки РФ «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Литература

1. Adler G. Beyond Bokhara. The Life of William Moorcroft: Asian Explorer & Pioneer Veterinary Surgeon 1767—1825. L., 1985.
2. Moorcroft W. // Transact. Royal Asiatic Soc. 1824. V.1. P.49—55.
3. Huc E. Travels in Tartary, Thibet, and China, 1844-1846. N.Y., 1852.
4. Moorcroft W., Trebeck G. Travels in the Himalayan Provinces of Hindustan and Panjab from 1819 to 1825. L., 1841. V.1—2.
5. Hodgson B.H. // J. Asiat. Soc. Bengal. 1842. №11. P.275—289.
6. Neumann-Denzau G., Denzau H. // J. Bombay Nat. Hist. Soc. 2003. №2—3. P.322—340.
7. Hodgson B.H. // Calcutta J. Nat. Hist. 1847. V.7. P.469—477.
8. Groves C.P., Mazak V. // Zeitschr. Saeugetierk. 1967. V.32. P.321—355.
9. Пржевальский Н.М. Монголия и страна тангутов. Трехлетнее путешествие в Восточной нагорной Азии. М., 1946. С.203—236.
10. Snelling J. The Sacred Mountain. L., 1983.

Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
М.В.КУТКИНА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.09.2009
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 666
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6